

Melissa Yukari Ishizu Otani

AVALIAÇÃO DE RISCOS EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina como
requisito parcial à obtenção do
título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Luis Alberto
Gómez, Dr.

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Otani, Melissa Yukari Ishizu

Avaliação de riscos em pequenas centrais
hidrelétricas / Melissa Yukari Ishizu Otani ;
orientador, Luis Alberto Gómez, 2017.

176 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil,
Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Identificação de riscos.
3. Avaliação de riscos. 4. Método de Delphi. 5.
Pequenas Centrais Hidrelétricas. I. Gómez, Luis
Alberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Melissa Yukari Ishizu Otani

AVALIAÇÃO DE RISCOS EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 27 de junho de 2017.



Prof.ª. Luciana Rohde, Dra.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Luis Alberto Gomez, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª. Fernanda Fernandes Marchiori, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng.º Marcos Paulo de Pinho
SETA Engenharia S.A.

À minha mãe, pelo exemplo de
dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Julia Sumie Ishizu, pelo amor incondicional e por ser meu maior exemplo de força e dedicação. Aos meus avós Atsushi Ishizu e Kazuko Ishizu, e à tia Yoko Ishizu por todo o apoio ao longo de todos esses anos.

Ao meu pai, Mário Otani, por me ensinar o tipo de engenheira que pretendo me tornar. Ao meu avô Shu Otani, pelas horas dedicadas compartilhando um pouco de sua sabedoria, durante as visitas ao sítio.

Ao Natan Cardozo Leal, pelo carinho, paciência e auxílio na vida acadêmica. Por acreditar e me incentivar a correr atrás dos meus sonhos, mesmo quando tudo parecia difícil.

Aos melhores amigos que a graduação poderia trazer, Augusto Boshammer Piazero, Eduardo Pereira da Luz, Joelson Oselame Matiello, Jonas Burigo Martins, Juliana Ginklings Fróes da Cruz, Maria Luiza Soares Fernandez, Pedro Ivo Oliveira de Almeida, por tornarem esses anos mais leves. Por terem tornado situações rotineiras nas melhores lembranças.

Ao meu orientador Luis Alberto Gómez, por toda sua contribuição para com este trabalho e por sua disposição e preocupação em sanar minhas dúvidas.

Ao meu orientador de estágio Marcos Paulo de Pinho, por todos os ensinamentos e pela disposição e entusiasmo na participação deste trabalho.

A toda a equipe SETA Engenharia, pelos anos de aprendizado. Especialmente aos senhores Roberto Tajima e Osmar Tessmer, pelas verdadeiras aulas de geologia e eletromecânica, e pela paciência em sanar minhas dúvidas.

A todos os especialistas que dedicaram parte de seu tempo aos questionários. Afinal, este trabalho não seria possível sem a colaboração de todos.

Aos professores Marciano Maccarini e Henrique Magnani pelas melhores aulas da graduação.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha graduação.

"The difference between the impossible and the possible lies in a man's determination."

Tommy Lasorda

RESUMO

Riscos e incertezas são aspectos intrínsecos a empreendimentos, cuja análise é imprescindível para a garantia do bom desempenho do projeto. O processo de avaliação de riscos proporciona um entendimento aprimorado dos itens que poderiam afetar o alcance dos objetivos estipulados, além de fornecer subsídios para o processo de tomada de decisões. Devido às crescentes exigências em termos de prazo, custo e qualidade, torna-se indispensável a realização de estudos e planejamento que possam avaliar, prever e reduzir as ameaças do empreendimento. Neste contexto, este trabalho tem por finalidade identificar e analisar os riscos associados à construção de uma Pequena Central Hidrelétrica, localizada no município de Varginha, MG. A partir de entrevistas, foram identificados 134 itens de risco ao empreendimento. Esses itens foram posteriormente avaliados nos parâmetros de probabilidade e impacto através do Método de Delphi, e classificados em riscos baixos, moderados e intoleráveis. Da lista inicial, 20 itens foram considerados intoleráveis, para os quais foi elaborado um plano de respostas baseado nos parâmetros sugeridos pelo PMI.

Palavras-chave: identificação de riscos, avaliação de riscos, método de Delphi, Pequena Central Hidrelétrica.

ABSTRACT

Risks and uncertainties are aspects intrinsic to enterprises, which analysis is essential to guarantee the good performance of the project. The risk assessment process provides an improved understanding of the items that could affect the achievement of the stated objectives, besides providing subsidies for the decision-making process. Due to the increasing demands in terms of time, cost and quality, it becomes essential to carry out studies and planning that can evaluate, predict and reduce the threats of the enterprise. In this context, this work aims to identify and analyze the risks associated with the construction of a Small Hydropower Plant, located in the city of Varginha, MG. Based on interviews, 134 items of risk to the enterprise were identified. These items were later evaluated in the parameters of probability and impact using the Delphi Method, and classified as low, moderate and intolerable risks. From the initial list, 20 items were considered intolerable, for which a response plan was developed based on the parameters suggested by the PMI.

Keywords: risk identification, risk evaluation, Delphi method, Small Hydropower Plants

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição de UHEs e PCHs em operação.....	24
Figura 2 – Probabilidade x impacto do risco	31
Figura 3 – Incerteza x impacto do risco no ciclo de vida do projeto.....	32
Figura 4 – Processo de avaliação dos riscos	35
Figura 5 – Exemplo de EAR.....	36
Figura 6 – Exemplo de matriz de probabilidade x impacto	41
Figura 7 – Distribuição bicaudal – t de Student.....	44
Figura 8 – Definição de psicologia social	47
Figura 9 – Exemplo de arranjo de PCH	53
Figura 10 – Mapa de Varginha	57
Figura 11 – Fluxograma da metodologia empregada.....	59
Figura 12 – Matriz de probabilidade x impacto adotada.....	63
Figura 13 – Riscos críticos por categoria.....	83
Figura 14 – Percepção de riscos críticos ao longo do tempo	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Empreendimentos em operação	23
Quadro 2 – Empreendimentos em construção.....	25
Quadro 3 – Empreendimentos com construção não iniciada	25
Quadro 4 – Quadro comparativo de modelos gerenciais	34
Quadro 5 – Técnicas para identificação de riscos	37
Quadro 6 – Heurísticas e vieses	49
Quadro 7 – Parâmetros de probabilidade.....	61
Quadro 8 – Parâmetros de impacto	61
Quadro 9 – Tabela de respondentes	62
Quadro 10 – Riscos geológicos geotécnicos	73
Quadro 11 – Riscos hidrológicos	75
Quadro 12 – Riscos de materiais.....	75
Quadro 13 – Riscos de interface	76
Quadro 14 – Riscos de contrato	77
Quadro 15 – Riscos socioambientais e sociopolíticos.....	77
Quadro 16 – Riscos de produção e operacionais.....	78
Quadro 17 – Riscos de segurança e meio ambiente	80
Quadro 18 – Riscos de engenharia.....	81
Quadro 19 – Riscos intoleráveis	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 OBJETIVOS.....	26
1.1.1 Objetivo geral	26
1.1.2 Objetivos específicos.....	26
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	26
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
2.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS	29
2.1.1 Definição	29
2.1.2 Processos de gerenciamento de projetos	29
2.2 GERENCIAMENTO DE RISCOS	30
2.2.1 Definição	30
2.2.2 Categorias de risco	32
2.2.3 Processos de gerenciamento de riscos	33
2.2.4 Identificação de riscos	35
2.2.4.1 Entrevistas	38
2.2.4.2 <i>Brainstorming</i>	39
2.2.5 Análise qualitativa.....	40
2.2.5.1 Método de Delphi.....	41
2.2.5.2 Tratamento estatístico.....	43
2.2.6 Planejamento de respostas aos riscos	45
2.2.7 Controle e monitoramento de riscos	46
2.2.8 Psicologia social.....	47
2.2.8.1 Influência social	47
2.2.8.2 Heurísticas	48
2.3 PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA	52
2.3.1 Definição	52
2.3.2 Tipos de PCH	53
2.3.2.1 Fio d'água.....	53
2.3.2.2 Acumulação, com regularização diária do reservatório.....	54
2.3.2.3 Acumulação, com regularização mensal do reservatório	54
2.3.3 Elementos do Arranjo Geral.....	54
2.3.2.1 Estruturas de desvio do rio	54
2.3.2.2 Barragem	55
2.3.2.3 Vertedouro.....	55
2.3.2.4 Tomada d'Água.....	55
2.3.4.5 Canal de adução.....	56
2.3.2.6 Túnel de adução.....	56
2.3.2.7 Conduto forçado	56
2.3.2.8 Casa de força	56

2.3.2.9 Canal de Fuga.....	56
2.3.2.10 Subestação.....	56
2.3.2.11 Linha de transmissão.....	56
3 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	57
4 METODOLOGIA.....	59
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	59
4.2 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS DO EMPREENDIMENTO	59
4.3 ANÁLISE QUALITATIVA	60
4.4 PLANEJAMENTO DE RESPOSTAS AOS RISCOS	64
4.5 CONTROLE E MONITORAMENTO DOS RISCOS	64
5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
5.1 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS.....	65
5.1.1 Riscos geológicos e geotécnicos	65
5.1.2 Riscos hidrológicos	66
5.1.3 Riscos de materiais.....	67
5.1.4 Riscos de interface	67
5.1.5 Riscos de contrato	68
5.1.6 Riscos socioambientais e sociopolíticos	68
5.1.7 Riscos de produção e operação	69
5.1.8 Riscos de segurança e meio ambiente	71
5.1.9 Riscos de engenharia.....	72
5.2 ANÁLISE QUALITATIVA	73
5.3 PLANEJAMENTO DE RESPOSTAS AOS RISCOS	83
5.3.1 Riscos hidrológicos	87
5.3.2 Riscos de materiais.....	87
5.3.3 Riscos de interface	87
5.3.4 Riscos de contrato	88
5.3.5 Riscos de produção	89
5.3.6 Riscos de segurança	92
5.3.7 Riscos de engenharia.....	93
5.4 CONTROLE E MONITORAMENTO DOS RISCOS	94
5.5 HEURÍSTICAS.....	94
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	97
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
APÊNDICE A – Carta explicativa – entrevista	105
APÊNDICE B – Questionário – entrevista	107
APÊNDICE C – Carta explicativa 01 – Delphi	109
APÊNDICE D – Questionário 01 – Delphi.....	113
APÊNDICE E – Carta explicativa 02 – Delphi.....	127
APÊNDICE F – Questionário 02 – Delphi	131

APÊNDICE G – Tratamento estatístico	159
---	-----

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados do Banco de Informações de Geração da ANEEL, mais de 60% da energia elétrica produzida no país é proveniente da matriz hidrelétrica (ver Quadro 1). Contudo, os novos projetos para aproveitamento dos grandes potenciais hidrelétricos sofrem diversas restrições devido a pressões ambientais (LINDNER, 2008).

Quadro 1– Empreendimentos em operação

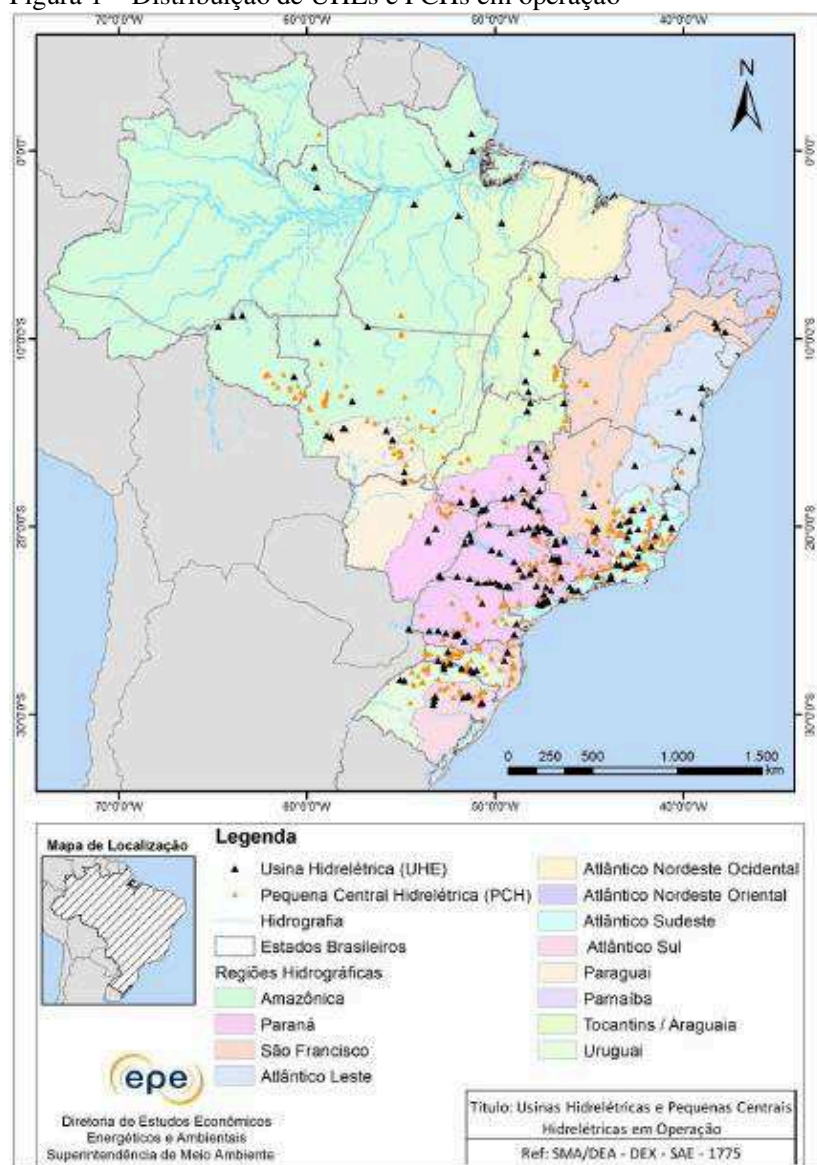
Empreendimentos em Operação					
Tipo		Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	Central Geradora Hidrelétrica	613	542.789	544.790	0,36
EOL	Central Geradora Eólica	430	10.506.339	10.506.343	6,9
PCH	Pequena Central Hidrelétrica	434	4.986.924	4.975.680	3,27
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica	45	27.764	23.764	0,02
UHE	Usina Hidrelétrica	219	101.138.278	93.216.340	61,2
UTE	Usina Termelétrica	2.924	42.749.321	41.015.615	26,9
UTN	Usina Termonuclear	2	1.990.000	1.990.000	1,31
Total		4.667	161.941.415	152.272.532	100

Fonte: Adaptado de ANEEL (2017)

Recentemente, mudanças institucionais introduziram incentivos e removeram burocracias, estimulando o investimento em empreendimentos de menor impacto ambiental. Nesse contexto, a construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas representa uma alternativa importante para a produção de energia renovável (MAKARON, 2012).

Os impactos ambientais gerados na construção de PCHs são inferiores aos de usinas hidrelétricas de grande porte. Entre as principais vantagens, relacionam-se: área alagada limitada, utilização de tecnologia nacional, prazo de implantação e construção reduzido e descentralização da geração de energia (ver Figura 1). Estima-se que 29 empreendimentos de PCH estão em fase de construção e 127 ainda não foram iniciadas – totalizando em mais de 2.000 MW de potência outorgada (conforme Quadro 2 e Quadro 3).

Figura 1 – Distribuição de UHEs e PCHs em operação



Fonte: EPE (2016)

Quadro 2 – Empreendimentos em construção

Empreendimentos em Construção				
Tipo		Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	Central Geradora Hidrelétrica	3	4.048	0,04
EOL	Central Geradora Eólica	160	3.726.300	32,55
PCH	Pequena Central Hidrelétrica	29	374.791	3,27
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica	38	1.093.400	9,55
UHE	Usina Hidrelétrica	6	1.922.100	16,79
UTE	Usina Termelétrica	32	2.978.528	26,02
UTN	Usina Termonuclear	1	1.350.000	11,79
Total		269	11.449.167	100

Fonte: Adaptado de ANEEL (2017)

Quadro 3 – Empreendimentos com construção não iniciada

Empreendimentos com Construção não iniciada				
Tipo		Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	Central Geradora Hidrelétrica	40	31.881	0,24
CGU	Central Geradora Undi-elétrica	1	50	0
EOL	Central Geradora Eólica	168	3.821.850	29,34
PCH	Pequena Central Hidrelétrica	127	1.658.170	12,73
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica	73	1.886.997	14,49
UHE	Usina Hidrelétrica	8	731.540	5,62
UTE	Usina Termelétrica	129	4.895.067	37,58
Total		546	13.025.555	100

Fonte: Adaptado de ANEEL (2017)

Todavia, a construção de PCHs ainda é um investimento que apresenta muitas incertezas e riscos para os empreendedores (MAKARON, 2012). Esses riscos são inerentes ao processo construtivo – um processo complexo, do ponto de vista técnico, social e ambiental.

Apesar do gerenciamento de riscos ser considerado uma ciência fundamental nos resultados dos projetos, ainda é uma área cujo conhecimento precisa ser aprofundado (WIDEMAN, 1992).

O competitivo mercado de energia (especialmente no setor de geração hídrica) mantém a busca constante por menores preços e melhores serviços, além da contínua preocupação com a preservação ambiental (FORTES, 2011). Por essa razão, torna-se necessária a elaboração de uma metodologia de gerenciamento de riscos que subsidie o processo decisório dos gerentes de projetos, cujo objetivo principal é obter um aumento significativo nos resultados das empresas.

Assim torna-se imprescindível a realização de estudos e um planejamento que possa avaliar, prever e reduzir os riscos do empreendimento.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Identificar e avaliar os riscos associados à execução de um empreendimento de uma Pequena Central Hidrelétrica.

1.1.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral deste trabalho, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os riscos inerentes ao processo construtivo de uma Pequena Central Hidrelétrica;
- Classificar os riscos em categorias de controle;
- Realizar a análise qualitativa dos riscos, determinando os riscos críticos do projeto;
- Desenvolver um plano de resposta aos riscos críticos.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este documento tem por finalidade desenvolver uma breve revisão bibliográfica, apresentar o objeto de estudo e a metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto, além de realizar análises, expor conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

No capítulo 2 é realizada uma revisão bibliográfica, abordando definições sobre gerenciamento de projetos, processos para identificação e avaliação de riscos e conceitos gerais sobre Pequenas Centrais Hidrelétricas.

No capítulo 3, são descritas as características gerais do empreendimento do estudo de caso.

No capítulo 4, referente à metodologia, são apresentadas as etapas necessárias à construção desse trabalho, por meio de um fluxograma e seu posterior detalhamento.

No capítulo 5, é apresentada a lista de riscos consolidada, juntamente com a classificação de cada item e um plano de ação para os riscos intoleráveis do empreendimento.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo contém os fundamentos teóricos necessários para o desenvolvimento do objeto estudado.

2.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

2.1.1 Definição

Segundo o PMI (2013), projeto “é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. O caráter temporário descrito na definição acima indica a existência de um início e de um término bem definidos.

A NBR ISO 10006:2000 define projeto da seguinte forma:

Processo único, consistindo de um grupo de atividades coordenadas e controladas com datas para início e término, empreendido para alcance de um objetivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recursos.
(NBR ISO 10006:2000)

Em síntese, cada projeto cria um produto, serviço ou resultado único – seja este resultado tangível ou intangível.

2.1.2 Processos de gerenciamento de projetos

Kerzner (2006) afirma que o gerenciamento de projetos envolve planejamento (definição dos requisitos, quantidade, qualidade e recursos necessários) e monitoramento (acompanhamento do progresso, análise de impacto e realização de ajustes necessários) das atividades. Afirma, ainda, que o gerenciamento bem sucedido pode ser definido como a concretização dos objetivos de projeto, dentro dos parâmetros estabelecidos de tempo, custo e desempenho.

De acordo com o PMI (2013), gerenciamento de projetos é “a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos”. O processo inclui a identificação dos requisitos, avaliação de necessidades e expectativas, estabelecimento de comunicações ativas e o equilíbrio das

condicionantes: escopo, qualidade, cronograma, orçamento, recursos e riscos.

2.2 GERENCIAMENTO DE RISCOS

2.2.1 Definição

Existem algumas versões distintas acerca da origem etimológica da palavra risco. Para Bernstein (1997), a palavra é derivada do italiano antigo *risicare*, cujo significado é “ousar”. Já Bueno (1974) afirma que esta palavra é derivada de *rhiza*, da linguagem dos navegantes, que significa borda de penhascos e recifes que apresentavam grande perigo. Segundo Damodaran (2009), é importante considerar uma definição que possa abranger, simultaneamente, os aspectos positivos e negativos do risco – tal dualidade é bem representada pelo ideograma chinês do termo, uma combinação de “perigo” e “oportunidades”.

O Project Management Institute (2013) define risco como “um evento ou condição incerta que, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo em um ou mais objetivos do projeto tais como escopo, cronograma, custo e qualidade”. Ademais, o PMI (2013) estabelece três conceitos fundamentais:

- **Apetite de risco**, que é o grau de incerteza que uma entidade está disposta a aceitar, na expectativa de uma recompensa.
 - **Tolerância a riscos**, que é o grau, a quantidade ou o volume de risco que uma organização ou um indivíduo está disposto a tolerar.
 - **Limite de riscos**, que se refere às medidas ao longo do nível de incerteza ou nível de impacto no qual uma parte interessada pode ter um interesse específico. A organização aceitará o risco abaixo daquele limite. A organização não tolerará o risco acima daquele limite.
- (PMI, 2013)

Todavia, embora o conceito de risco mencione efeitos positivos e negativos, Dikmen e Birgonul (2006) *apud* Azevedo (2013) afirmam que a maioria das ferramentas desenvolvidas qualificam apenas as ameaças dos projetos (ou seja, apenas os aspectos negativos).

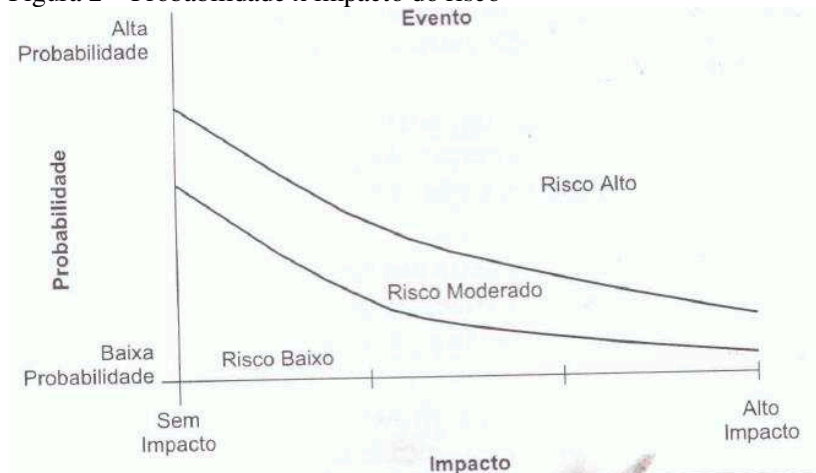
Segundo a definição de Pritchard (2015), o risco é composto por três elementos fundamentais: evento, probabilidade e severidade

(impacto). Paralelamente, Kerzner (2006) define risco como uma “medida de probabilidade e consequência de não alcançar um objetivo definido do projeto” e define a função:

$$Risco = f(probabilidade, impacto)$$

A Figura 2, extraída de Dinsmore (2005), ilustra a relação dos componentes de risco.

Figura 2 – Probabilidade x impacto do risco

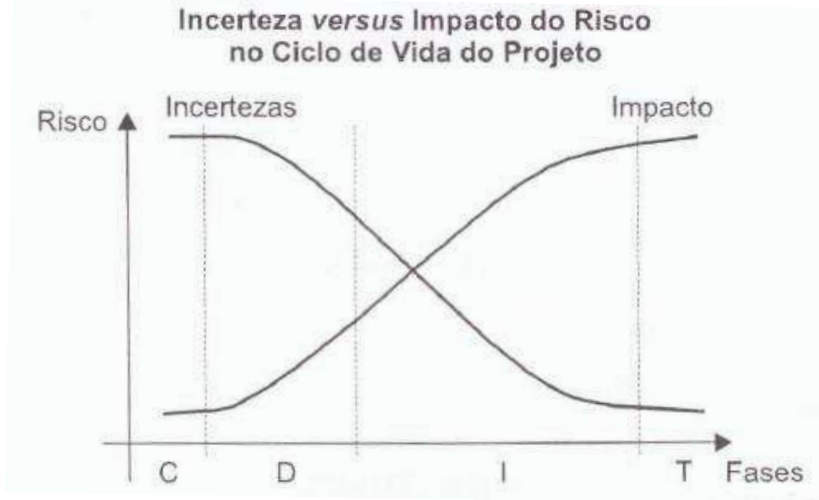


Fonte: DINSMORE (2005)

Raftery (1994) alega que o conceito de risco está diretamente relacionado ao conceito de incerteza, e os diferencia afirmando que apenas o risco é quantificável, através de atributos subjetivos. Morgan e Henrion (1990) definem riscos como eventos factíveis de ocorrer, enquanto a incerteza é o domínio sobre o qual não se pode elaborar previsões.

De acordo com Dinsmore (2005), as incertezas são maiores no início do projeto, e diminuem conforme sua progressão; já o impacto sofre um efeito oposto, conforme a Figura 3.

Figura 3 – Incerteza x impacto do risco no ciclo de vida do projeto



Fonte: DINSMORE (2005)

2.2.2 Categorias de risco

Riscos em empreendimentos podem ser classificados de inúmeras maneiras. Wideman (1992) alega que os riscos podem ser classificados de acordo com seu impacto, conforme categorias:

- Riscos de escopo - riscos associados a mudanças de escopo, ou a necessidade subsequente de "correções" para alcançar os produtos técnicos necessários;
 - Riscos de qualidade - incapacidade de realizar tarefas ao nível exigido de desempenho técnico ou de qualidade;
 - Riscos de cronograma - falha em concluir tarefas dentro dos prazos estimados ou riscos associados à lógica de rede de dependência;
 - Riscos de custo - não cumprimento das tarefas dentro dos limites orçamentais estimados.
- (WIDEMAN, 1992)

Todavia, salienta-se a necessidade de atenção quanto ao uso da classificação acima, pois muitos riscos terão impacto em duas ou mais categorias descritas (cronograma e custo, por exemplo).

Consequentemente, haverá duplicação na contagem de determinados eventos.

Segundo Wideman (1992), a identificação de riscos através da classificação por fontes primárias é uma abordagem proficiente para um tratamento sistemático, e facilitará uma gestão mais eficaz. Nesse contexto, o PMI (2013) divide as categorias em:

- Riscos técnicos: referentes a itens que possam afetar características de produtos e serviços do escopo de projeto;
- Riscos externos: provenientes de influências externas e entidades que exercem influência sobre o projeto e/ou entidade responsável pelo projeto;
- Riscos organizacionais: referente à organização responsável;
- Riscos de gerência de projetos: fatores relacionados à aplicação e boas práticas das disciplinas de gerência de projetos.

2.2.3 Processos de gerenciamento de riscos

O gerenciamento dos riscos está diretamente relacionado à ciência do gerenciamento de projetos. Wideman (1992) faz a seguinte afirmação sobre riscos e projetos:

Por sua própria natureza projetos são negócios arriscados. Esta abordagem interessante, porém simplista, dificilmente é adequada para fins de projeto, mas destaca o fato de que, uma vez que todos os riscos parecem ter sido considerados, ainda haverá alguns restantes!
(WIDEMAN, 1992)

O gerenciamento de riscos requer uma abordagem estruturada, pois os riscos são aspectos inerentes aos projetos, independente da complexidade ou de sua fase de execução.

Segundo a NBR ISO 10006:2000, a “meta dos processos relacionados ao risco é minimizar o impacto de eventos potencialmente negativos e obter total vantagem das oportunidades para melhoria”.

Alguns modelos gerenciais estabelecidos por norma e por outros autores podem ser comparados através do Quadro 4 (Fortes, 2011).

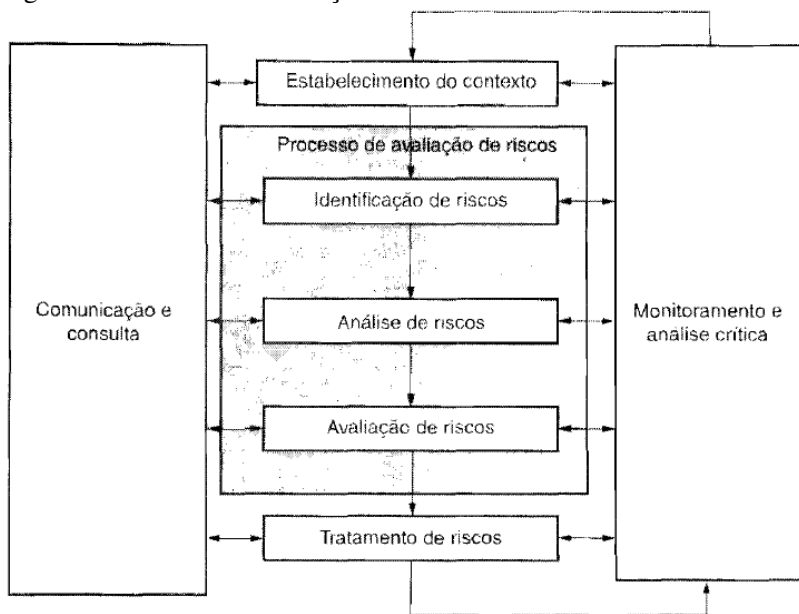
Quadro 4 – Quadro comparativo de modelos gerenciais

Fonte	Processo de Gerenciamento de Riscos
Prince (2002)	Identificação dos riscos Avaliação dos riscos Identificação de respostas adequadas para os riscos Seleção de respostas para tratar os riscos Planejamento (recursos, tempo) das respostas aos riscos Monitoramento e comunicação
Smith e Merritt (2002)	Identificação dos riscos Análise dos riscos Mapeamento e priorização dos riscos Resolução dos riscos Monitoramento dos riscos
PMI (2004)	Planejamento do gerenciamento de riscos Identificação de riscos Análise qualitativa dos riscos Análise quantitativa dos riscos Planejamento das respostas aos riscos Monitoramento e controle de riscos
NBR ISO 10006 (2006)	Identificação do risco Avaliação do risco Tratamento do risco Controle do risco

Fonte: FORTES (2011)

A IEC/ISO 31010:2009 declara que o processo de avaliação de riscos proporciona um entendimento aprimorado dos riscos que poderiam afetar o alcance dos objetivos de projeto, além da adequação e eficácia dos controles em uso. Essas informações são fundamentais aos tomadores de decisão e às partes responsáveis, pois fornece uma base para a seleção das abordagens mais apropriadas para o tratamento dos riscos. Ademais, a norma afirma que “a saída do processo de avaliação de riscos é uma entrada para os processos de tomada de decisão da organização” (IEC/ISO 31010:2009). O processo de avaliação dos riscos é representado pela Figura 4.

Figura 4 – Processo de avaliação dos riscos



Fonte: IEC/ISO 31010:2009

2.2.4 Identificação de riscos

A identificação de riscos, segundo a norma IEC/ISO 31010:2009 é “o processo de encontrar, reconhecer e registrar os riscos”. Paralelamente, Hillson (2001) afirma que a saída do processo é uma lista dos itens que podem gerar ameaças ou oportunidades ao projeto.

Outra definição do processo, segundo o PMI (2013), é: “determinação dos riscos que podem afetar o projeto e documentação de suas características”.

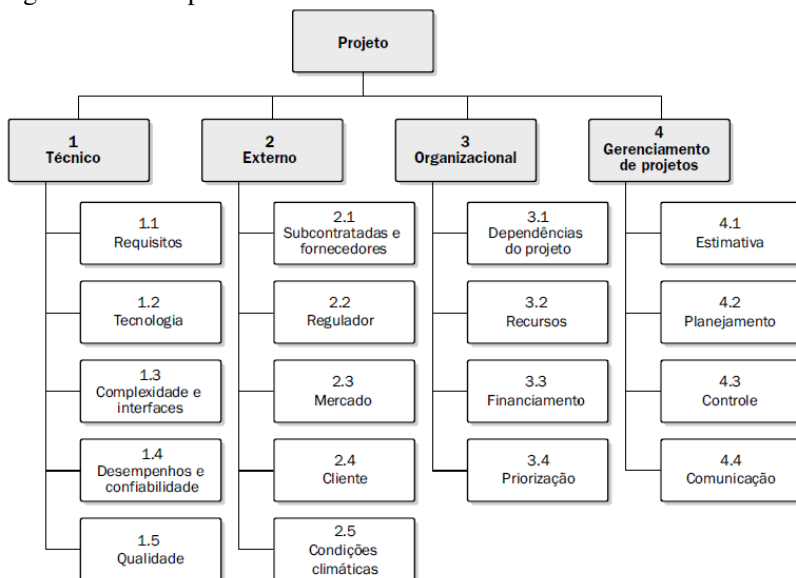
O propósito desse procedimento é identificar situações que possam afetar a realização de algum objetivo de projeto. Em outras palavras, o processo engloba a identificação de causas e origens do risco, além das circunstâncias que possam gerar impacto sobre o projeto (IEC/ISO 31010:2009).

Kerzner (2006) afirma que a compreensão dos riscos evolui ao longo do tempo. Em consequência, o processo de identificação de riscos deve ocorrer ao longo de todas as fases do projeto. Concomitantemente,

o PMI (2013) alega que a identificação de riscos é um processo iterativo, cuja frequência variará de acordo com cada situação.

O PMI (2013) sugere o uso da EAR (Estrutura Analítica de Risco) como ferramenta de auxílio à identificação de riscos. Em síntese, a EAR é definida como “uma forma de representação hierárquica de riscos, de acordo com suas categorias de risco”. Um exemplo de EAR é apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Exemplo de EAR



Fonte: PMI (2013)

Segundo Chapman (1998) as etapas de identificação e avaliação de risco são cruciais no processo de gerenciamento de riscos, pois seu impacto é altíssimo na precisão de análises posteriores. Apesar da existência de vários modelos e métodos, a acurácia dos resultados depende de uma adequada descrição dos eventos. Chapman (1998) descreve ainda três classificações distintas para técnicas de identificações disponíveis, sendo:

- Identificação realizada exclusivamente pelo analista de risco;
- Identificação através de entrevista de um membro da equipe (realizada pelo analista);
- Analista em posição de liderança do grupo de trabalho.

Complementarmente, de acordo com a IEC/ISO 31010:2009, os métodos de identificação de riscos podem incluir:

- Métodos baseados em evidências (listas de verificação e revisões de dados históricos);
- Abordagens de equipe sistemática (ideia de uma equipe de especialistas seguindo um processo sistemático para identificação de riscos através de um conjunto estruturado de perguntas);
- Técnicas de raciocínio indutivo (HAZOP);
- Técnicas de suporte (*Brainstorming* e Delphi).

A literatura especializada apresenta diversas técnicas e ferramentas que podem ser empregadas no processo de identificação de riscos. O Quadro 5 mostra as técnicas classificadas conforme a norma IEC/ISO 31010:2009.

Quadro 5 – Técnicas para identificação de riscos

Técnicas para Identificação de Riscos		
Fortemente Aplicáveis	Aplicáveis	Não Aplicáveis
<i>Brainstorming</i>	Análise de Impactos no Negócio	Análise de Causa-Raiz
Entrevistas Estruturadas ou Semiestruturadas	Análise de Árvore de Falhas	Árvore de Decisões
Delphi	Análise de Árvore de Eventos	Análise Bow tie
Listas de Verificação	Análise de Causa e Consequência	Simulação de Monte Carlo
Análise Preliminar de Perigos (APP)	Análise de Camadas de Proteção (LOPA)	Estatística Bayesiana e Rede de Bayes
Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOP)	Sneak Analysis (SA) e Sneak Circuit Analysis (SCA)	
Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APCC/HACCP)	Análise de Markov	
Avaliação de Risco Ambiental	Curvas FN	
Técnica Estruturada "e se" (SWIFT)	Índices de Risco	

Técnicas para Identificação de Riscos		
Fortemente Aplicáveis	Aplicáveis	Não Aplicáveis
Análise de Cenários	Análise de Custo/Benefício	
Análise de Modos de Falha e Efeito (FMEA)	Análise de Decisão por Multicritérios (MDCA)	
Análise de Causa e Efeito		
Análise da Confiabilidade Humana		
Manutenção Centrada em Confiabilidade		
Matriz de Probabilidade/Consequência		

Fonte: Autoria própria

Destacam-se, a seguir, duas técnicas apresentadas pelo PMI (2013) e em conformidade com as técnicas “fortemente aplicáveis” da norma IEC/ISO 31010:2009.

2.2.4.1 Entrevistas

Entrevistas são utilizadas para coletar diferentes tipos de informações, e caracterizam um método que permite maior liberdade nas respostas.

Segundo o PMI (2013), eventos de risco podem ser identificados através de entrevistas, com base nas experiências do entrevistado.

De acordo com a IEC/ISO 31010:2009, as entrevistas podem ser categorizadas em estruturadas ou semiestruturadas. As entrevistas estruturadas ocorrem através da aplicação individual de um questionário, cujas questões pré-elaboradas têm como objetivo incentivar o entrevistado a analisar situações a partir de determinados pontos de vista – possibilitando assim a identificação dos riscos. As entrevistas semiestruturadas ocorrem de maneira análoga, todavia sob uma estrutura menos rígida, que permite maior liberdade para explorar assuntos que possam surgir eventualmente.

Algumas vantagens dessa técnica são:

- Proporciona tempo para o entrevistado refletir sobre questões;
- Pode permitir considerações mais aprofundadas, uma vez que a comunicação é direta;
- Permite o envolvimento e participação de um maior número de pessoas.

Algumas desvantagens dessa técnica são:

- É dispendiosa em termos de tempo para o aplicador do questionário;
- Vieses não são removidos devido à ausência da discussão em grupo.

2.2.4.2 *Brainstorming*

Segundo a IEC/ISO 31010:2009, esta técnica consiste em estimular o fluxo de ideias através da conversação de um grupo de pessoas. Este grupo é frequentemente composto pela equipe de projeto e outra equipe multidisciplinar de especialistas (PMI, 2013). Em outras palavras, a técnica se fundamenta na realização de reuniões entre equipes com o propósito de encorajar ideias que, por sua vez, desencadearão novas ideias de outras pessoas.

Rocha (2005) define *brainstorming* da seguinte forma:

“Um *brainstorming* é mais do que uma coleta básica de informações. É a expressão de ideias que, depois, alimentam outras em uma cascata de dados. Encoraja a equipe a construir um conceito, a partir de ideias, permitindo o fluxo livre da informação”.

(ROCHA, 2005)

Wideman (1992) afirma que muitas sugestões provenientes deste processo podem ser posteriormente rejeitadas. Todavia, quanto maior for o número de sugestões, maior será a chance de um número útil ser mantido, fornecendo, dessa maneira, uma cobertura mais abrangente dos riscos.

Algumas vantagens dessa técnica são:

- Incentivo à imaginação, que permite a identificação de novos riscos e busca de soluções inovadoras;

- Envolvimento da equipe de projeto e consequente melhora na comunicação global;
- Preparação relativamente fácil.

Algumas desvantagens dessa técnica são:

- O grau de não-estruturação da técnica torna difícil a comprovação da abrangência do processo (verificação de que todos os riscos principais foram identificados);
- Predominância da opinião e participação de apenas alguns participantes.

2.2.5 Análise qualitativa

O PMI (2013) define a análise qualitativa de riscos da seguinte forma:

“É o processo de priorização de riscos para análise ou ação adicional através da avaliação e combinação de sua probabilidade de ocorrência e impacto. O principal benefício deste processo é habilitar os gerentes de projetos a reduzir o nível de incerteza e focar os riscos de alta prioridade”.
(PMI, 2013)

De acordo com a IEC/ISO 31010:2009, “a análise qualitativa define consequência, probabilidade e nível de risco por níveis de significância”.

Dinsmore (2005) define a análise qualitativa como o processo de avaliação dos riscos identificados, em função da probabilidade de ocorrência e do impacto. O impacto deve ser interpretado como o efeito potencial sobre um objetivo do projeto, tratando tanto das ameaças quanto das oportunidades.

Esse processo possibilita a avaliação da importância de cada risco, que é geralmente conduzida através de uma matriz de probabilidade e impacto. Segundo o PMI (2013), a matriz caracteriza as combinações de probabilidade e impacto, e classifica dos riscos de acordo com sua prevalência em baixos, moderados ou altos. A Figura 6 apresenta um exemplo de matriz de probabilidade versus impacto.

Figura 6 – Exemplo de matriz de probabilidade x impacto

Probabilidade	Ameaças					Oportunidades				
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05/ Muito baixo	0,10/ Baixo	0,20/ Moderado	0,40/ Alto	0,80/ Muito alto	0,80/ Muito alto	0,40/ Alto	0,20/ Moderado	0,10/ Baixo	0,05/ Muito baixo

Fonte: PMI (2013)

O PMI (2013) afirma ainda que “podem ser usados termos descritivos ou valores numéricos, dependendo da preferência organizacional”. Desse modo, através da matriz ou de limites numéricos, é possível estabelecer os riscos críticos do projeto e direcionar o desenvolvimento de ações de resposta a estes itens.

A avaliação de probabilidade e impacto deve ser feita para cada risco identificado, a partir da opinião especializada. Sugere-se ainda que a avaliação seja feita através de entrevistas ou reuniões com membros do projeto e pessoas competentes externas.

A IEC/ISO 31010:2009 indica três abordagens para a análise e estimativa de probabilidades:

- Utilização de dados históricos pertinentes: extrapolação da probabilidade de ocorrência futura baseada em situações passadas;
- Uso de técnicas preditivas: dedução da probabilidade pela análise do sistema, devido à indisponibilidade de dados históricos. Uso de métodos como a análise de árvore de falhas e análise da árvore de eventos;
- Uso de processo sistemático e estruturado para estimar a probabilidade baseando-se em opinião de especialistas. Emprego de métodos como Delphi, comparações emparelhadas, classificação de categorias e julgamentos de probabilidade absoluta.

2.2.5.1 Método de Delphi

As definições para o método de Delphi apresentadas pelo PMI (2013) e pela IEC/ISO 31010:2009 convergem para o conceito de um procedimento cujo objetivo é obter o consenso de especialistas em um

determinado assunto. Wright e Giovinazzo (2000) sintetizam a definição através da seguinte frase: “na sua formulação original, o Delphi é uma técnica para a busca de um consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros”.

Segundo Woudenberg (1991), o método de Delphi foi desenvolvido com o objetivo de melhorar a precisão de previsão. De acordo com Dinsmore (2005), é uma das técnicas mais utilizadas em gerenciamento de riscos.

Wright e Giovinazzo (2000) fazem a seguinte afirmação a respeito do método de Delphi:

“A evolução em direção a um consenso obtida no processo representa uma consolidação do julgamento intuitivo de um grupo de peritos sobre eventos futuros e tendências. A técnica baseia-se no uso estruturado do conhecimento, da experiência e da criatividade de um painel de especialistas, pressupondo-se que o julgamento coletivo, quando organizado adequadamente, é melhor que a opinião de um só indivíduo”.

(WRIGHT E GIOVINAZZO, 2005)

As principais características do método, segundo Wright e Giovinazzo (2000), são:

- Anonimato dos respondentes (exclui influência de fatores psicológicos e heurísticos);
- Representação estatística dos resultados;
- Feedback das respostas para reavaliação em rodadas subsequentes (busca do consenso).

Em síntese, o método consiste em um questionário iterativo cujo princípio básico é o anonimato dos respondentes.

Segundo Dinsmore (2005) uma rodada inicial do questionário deve ser realizada individualmente, com o propósito de obter determinadas informações desejadas.

A seguir, para as próximas rodadas, todas as respostas deverão ser tabuladas, consolidadas e redistribuídas para que os participantes possam reavaliá-las à luz das respostas dos outros especialistas (sem identificá-los) e inserir eventuais comentários adicionais (WRIGHT e GIOVINAZZO, 2000).

Dinsmore (2005) afirma que o processo deve ser repetido até obter um grau razoável de consenso. Wright e Giovinazzo (2000) afirmam que a evolução em direção à concordância pode ser mensurada

através do cálculo das medianas e quartis, mas que, em alguns casos, os respondentes podem não atingir o consenso. Já Chapman (1998) declara que “essas rodadas podem continuar até que as estimativas se estabilizem, embora na prática o procedimento raramente vá além de uma segunda rodada”.

De acordo com o PMI (2013), “a técnica de Delphi ajuda a reduzir a parcialidade nos dados e evita que alguém possa influenciar indevidamente o resultado”. Concomitantemente, Wright e Giovinazzo (2000) declaram que o anonimato das respostas e a inexistência de reuniões físicas reduzem a influência dos fatores psicológicos. Essas influências negativas podem ser explicadas através dos vieses cognitivos, que podem induzir à distorção perceptiva, julgamento impreciso ou interpretação ilógica.

Assim, algumas vantagens dessa técnica são:

- Devido ao anonimato, opiniões impopulares têm maior chance de serem expostas;
- Todas as opiniões têm peso igual, evitando assim o problema de personalidades predominantes;
- Não há necessidade de uma reunião presencial, eliminando o problema de disponibilidade das pessoas se encontrarem no mesmo local e ao mesmo tempo.

Algumas desvantagens dessa técnica são:

- Possibilidade de desentendimento por falta de clareza escrita dos participantes;
- Alto consumo de trabalho e tempo.

2.2.5.2 Tratamento estatístico

Wright e Giovinazzo (2000) sugerem a utilização de procedimentos estatísticos simples para o tratamento das respostas dos questionários, tais como a mediana e quartil.

Todavia, menciona-se outro tratamento estatístico chamado Teste t de Student. Este procedimento é utilizado para amostras pequenas, cuja variância populacional é desconhecida (FONSECA; MARTINS, 2011). Nele, mede-se a probabilidade da média da amostra ter apresentado um valor observado. A distribuição obedece a seguinte equação:

$$t = \frac{x - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (1)$$

Onde:

x : média aritmética da amostra;

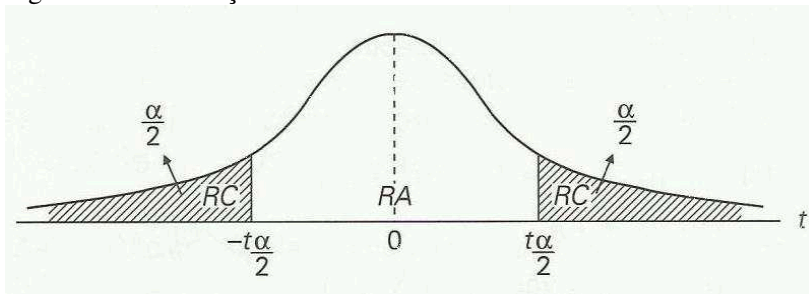
μ_0 : valor fixo usado para comparação;

s : desvio padrão amostral;

n : tamanho da amostra.

Em uma distribuição bicaudal, para $n - 1$ graus de liberdade, o valor de t representado na Figura 7 é o limite entre a região de aceitação (RA; probabilidade $1 - \alpha$) e as regiões críticas (RC; Probabilidade α). Esse valor pode ser encontrado em tabelas da distribuição t , para os diversos graus de liberdade e probabilidades.

Figura 7 – Distribuição bicaudal – t de Student



Fonte: FONSECA; MARTINS (2011)

Manipulando a equação (1), e aplicando para a distribuição bicaudal, temos:

$$\frac{s}{\sqrt{n}} t \pm x = \mu_0 \quad (2)$$

Os valores de μ_0 são os limites numéricos da região aceitável, fora dos quais se encontra uma parcela α dos valores.

2.2.6 Planejamento de respostas aos riscos

Segundo o PMI (2013), esse processo é posterior à análise qualitativa e objetiva o “desenvolvimento de opções e ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças aos objetivos do projeto”. Esta abordagem busca o tratamento dos riscos por prioridades, possibilitando a injeção de recursos e atividades ao longo do cronograma.

A IEC/ISO 31010:2009 declara que o processo envolve a seleção de alternativas que objetivem reduzir a probabilidade de ocorrência ou o efeito do risco (ou ambos).

Kerzner (2006) elenca os principais fatores que podem influenciar a resposta a um risco. São eles:

- Quantidade e qualidade das informações acerca dos fatores que causaram o risco (incerteza descritiva) ou do dano (incerteza de medição);
- Gerente de projetos em situação de benefício pessoal para aceitação do risco (risco voluntário) ou forçado ao risco (risco involuntário);
- Existência de alternativas econômicas (riscos equitativos) ou alternativas de alto custo ou por falta de opções (riscos inequívocos);
- Duração de exposição ao risco.

Segundo o PMI (2013), existem quatro estratégias que tipicamente podem ser utilizadas para a resposta aos riscos negativos (ameaças):

1. Prevenir: as ações são direcionadas à eliminação da ameaça ou à proteção contra o seu impacto. Alguns exemplos dessa estratégia incluem a extensão do cronograma, redução do escopo e alteração de estratégia;
2. Transferir: trata-se da transferência do impacto de uma ameaça a terceiros, realizada através de seguros, garantias, finanças ou contratos. Essa medida é mais eficaz quando se trata de riscos financeiros, e quase sempre envolve o pagamento de um prêmio a aquele que está assumindo o risco;
3. Mitigar: as ações são destinadas a reduzir a probabilidade de ocorrência ou o impacto do risco para dentro dos limites aceitáveis. Tais ações podem ser exemplificadas pela efetuação de mais testes, adoção de processos de menor complexidade,

escolha de fornecedor mais estável, etc. É importante salientar que a adoção de uma ação antecipada para mitigar o risco é mais eficaz que reparar o dano depois da ocorrência do evento;

4. Aceitar: opta-se por reconhecer a existência do risco e não agir, a menos que o risco ocorra. Essa estratégia é adotada quando não é possível ou econômico abordar um risco de qualquer outra forma. A aceitação pode ser passiva (quando a única ação é a documentação e revisão periódica da ameaça) ou ativa (quando se estabelece uma reserva para contingências, incluindo recursos financeiros e tempo para lidar com o risco).

O PMI (2013) define ainda quatro estratégias para resposta aos riscos positivos (oportunidades). Essas estratégias seguem, basicamente, a mesma concepção das estratégias aos riscos negativos (ameaças):

1. Explorar: as ações são direcionadas à eliminação da incerteza associada ao risco, garantindo que a oportunidade aconteça. Alguns exemplos incluem o uso de novas tecnologias para a redução de custo e prazo e a designação de profissionais mais experientes para o projeto com a finalidade de reduzir o tempo de conclusão;
2. Melhorar: as ações são destinadas a aumentar a probabilidade de ocorrência ou o impacto do risco. Tal ação pode ser exemplificada pelo acréscimo de recursos adicionais a uma atividade para finalizá-la mais cedo;
3. Compartilhar: trata-se da alocação integral ou parcial da responsabilidade da oportunidade a um terceiro, com a finalidade de melhor exploração da oportunidade para benefício do projeto. Um exemplo seria a formação de parcerias de compartilhamento de riscos;
4. Aceitar: opta-se por não perseguir a oportunidade ativamente, mas estar disposto a aproveitá-la caso ela ocorra.

2.2.7 Controle e monitoramento de riscos

Segundo o PMI (2013), esse processo não deve se limitar apenas à implementação de planos de respostas aos riscos e ao monitoramento dos riscos identificados – deve compreender também a identificação de novos riscos e a avaliação da eficácia do processo de gerenciamento de riscos do projeto.

Adicionalmente, o PMI (2013) afirma que este procedimento pode resultar na reavaliação dos riscos previamente identificados e no encerramento dos riscos desatualizados.

A importância das reavaliações dos riscos se deve ao fato de que a categoria atribuída inicialmente pode sofrer alterações ao longo do projeto. De acordo com Lindner (2008), riscos previamente identificados como de pequeno ou médio impacto podem sofrer mudanças com o decorrer das atividades, tornando-se de alto impacto. Por consequência, torna-se necessário o monitoramento constante dos riscos ao longo de todo o projeto.

2.2.8 Psicologia social

Segundo Myers (2010), psicologia social é a “o estudo científico de como as pessoas pensam, influenciam e se relacionam umas com as outras” (ver Figura 8).

Figura 8 – Definição de psicologia social



Autoria: MYERS (2010)

2.2.8.1 Influência social

A influência social ocorre, em linhas gerais, quando opiniões e comportamentos de indivíduos são afetados por outras pessoas. Kelman (1958) identificou três processos distintos de influência:

1. Aquiescência (*compliance*): ocorre quando o indivíduo aceita influência de outras pessoas, mesmo não compartilhando da mesma opinião, porque espera obter aprovações específicas ou recompensas.
2. Identificação (*identification*): ocorre quando um indivíduo adota o comportamento induzido porque deseja estabelecer um bom relacionamento com outra pessoa ou grupo.
3. Internalização (*internalization*): ocorre quando o indivíduo aceita influência porque o comportamento induzido é congruente com seu próprio sistema de valores. Em outras palavras, o conteúdo do comportamento induzido é considerado útil e compatível às necessidades do indivíduo.

2.2.8.2 Heurísticas

Segundo Plous (1993) *apud* Tonetto et.al (2006), heurísticas são regras gerais de influência utilizadas para atingir um julgamento em tarefas decisórias que apresentam incerteza.

Bazerman (2014) as define como ferramentas cognitivas, usualmente utilizadas para simplificar o processo de tomada de decisão. Alguns vieses resultam da utilização em demasia das heurísticas. O Quadro 6 apresenta as heurísticas e respectivos vieses associados.

1. Ancoragem e ajustamento

Segundo Tversky e Kahneman (1974), nas situações em que as pessoas são solicitadas a realizar estimativas, existe uma tendência ao ajustamento das respostas a partir de um valor inicial disponível. Por conseguinte, diferentes valores iniciais produzem estimativas diferentes (e tendenciosas ao valor inicial). Tonetto et. al (2006) afirma que, embora o processo de ancoragem possa ser útil na tomada de decisões devido à economia de tempo e esforço cognitivo, o pensamento pode ser enviesado em direção a uma âncora irrelevante.

2. Disponibilidade

Tversky e Kahneman (1974) afirmam que um indivíduo pode hiper ou subestimar a probabilidade de ocorrência de um evento de acordo com a facilidade com que um determinado fato é lembrado ou imaginado. Em outras palavras, a probabilidade é estimada de acordo com a facilidade de encontrar exemplos em suas memórias. De acordo com Tonetto et.al (2006), apesar dessa heurística

apresentar um procedimento eficaz e rápido, pode muitas vezes levar ao equívoco, principalmente no que tange à influência da memória de longo prazo.

3. Representatividade

Segundo o princípio estabelecido por Tversky e Kahneman (1974), “é conferida alta probabilidade de ocorrência a um evento quando esse é típico ou representativo de um tipo de situação”. Tonetto et.al (2006) afirma que a representatividade é determinada pela similaridade de um evento específico com a maioria dos outros de uma mesma classe. Em outras palavras, a avaliação de probabilidade de um evento é dependente do quanto este é similar às características do processo como um todo. Tversky e Kahneman (1974) afirmam ainda que os indivíduos tendem a ordenar suas ocupações por probabilidade e similaridade. Todavia, há prejuízo na sensibilidade referente à psicologia.

Quadro 6 – Heurísticas e vieses

HEURÍSTICA	VIÉS	DESCRIÇÃO
ANCORAGEM E AJUSTAMENTO	Insuficiente ajustamento da âncora	Os indivíduos fazem estimativas para valores com base em um valor inicial (derivado de eventos passados, atribuição aleatória ou qualquer outra informação que esteja disponível) e, em geral, fazem ajustes insuficientes daquela âncora quando do estabelecimento de um valor final.
	Viés de eventos conjuntivos e disjuntivos	Os indivíduos exibem um viés tendendo para a superestimação da probabilidade de eventos conjuntivos e para a subestimação da probabilidade de eventos disjuntivos.

HEURÍSTICA	VIÉS	DESCRIÇÃO
	Excesso de confiança	Os indivíduos tendem a ser excessivamente confiantes quanto à infalibilidade de seus julgamentos ao responderem a perguntas de dificuldade variando de moderada a extrema.
DISPONIBILIDADE	Facilidade de lembrança	Os indivíduos julgam que os eventos mais facilmente recordados na memória, com base em sua vivência ou ocorrência recente, são mais numerosos do que aqueles de igual frequência cujos casos são menos facilmente lembrados
	Capacidade de recuperação	Os indivíduos são enviesados em suas avaliações da frequência de eventos, dependendo de como suas estruturas de memória afetam o processo de busca.
REPRESENTATIVIDADE	Falta de sensibilidade à proporções da base	Os indivíduos tendem a ignorar as proporções da base na avaliação da probabilidade de eventos, quando é fornecida qualquer outra informação descritiva, mesmo se esta for irrelevante.
	Falta de sensibilidade ao tamanho da amostra	Os indivíduos, frequentemente, não são capazes de apreciar o papel do tamanho da amostra na avaliação da confiabilidade das informações da mesma.

HEURÍSTICA	VIÉS	DESCRIÇÃO
	Concepções errôneas sobre o acaso	Os indivíduos esperam que uma sequência de dados gerados por um processo aleatório pareça ser "aleatória", mesmo quando for demasiado curta para que aquelas expectativas sejam estatisticamente válidas.
	Regressão à média	Os indivíduos tendem a ignorar o fato de que eventos extremos tendem a regredir à média nas tentativas subsequentes.
	A falácia da conjunção	Os indivíduos julgam erradamente que as conjunções (dois eventos que ocorrem em conjunto) são mais prováveis do que um conjunto mais global de ocorrências do qual a conjunção é um subconjunto.
OUTROS	Armadilha da confirmação	Os indivíduos tendem a buscar informações de confirmação para o que consideram ser verdadeiro e negligenciam a busca de indícios de não confirmação.
	Retrospecto	Após terem constatado a ocorrência ou não de um evento, os indivíduos tendem a superestimar o grau em que teriam antevisto o resultado correto.

Fonte: Adaptado de (MACEDO, et. al. 2003)

2.3 PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA

2.3.1 Definição

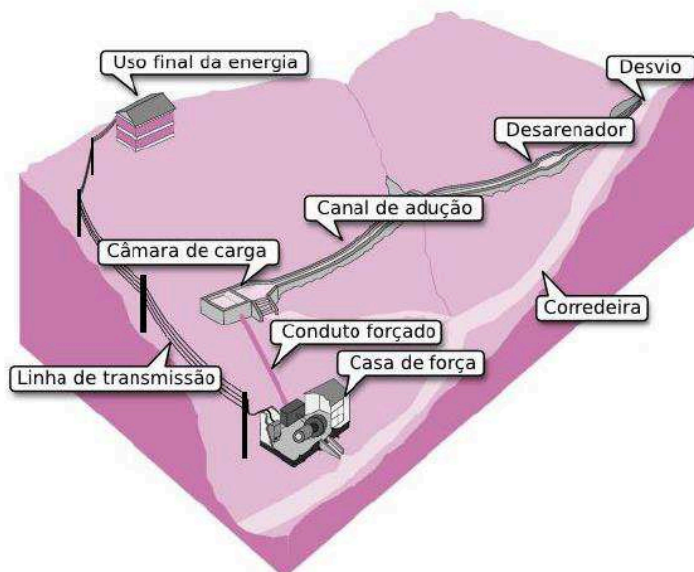
Segundo a ABRAPCH, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) são usinas de tamanho e potência relativamente reduzidos, conforme a classificação da ANEEL, que produzem energia elétrica a partir do aproveitamento de potencial hidráulico de um rio.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) qualifica as PCHs através da Resolução Normativa nº 673, de 04 de agosto de 2015, da seguinte forma: “Art. 2º Serão considerados empreendimentos com características de PCH aqueles empreendimentos destinados a autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja potência seja superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio”.

§ 1º O aproveitamento hidrelétrico com área de reservatório superior a 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio, será considerado como PCH se o reservatório for de regularização, no mínimo, semanal ou cujo dimensionamento, comprovadamente, foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica. § 2º A regularização de que trata o §1º deste artigo será aferida por meio do volume útil e da vazão máxima turbinada. (ANEEL, 2015).

Polizel (2007) afirma que PCH é um empreendimento de exploração de recursos hídricos, no qual a geração de energia ocorre através do impulsionamento das turbinas hidráulicas por um fluxo d'água. Esse fluxo é gerado do desnível produzido por uma barragem construída em um curso d'água. A Figura 9 apresenta um exemplo de PCH.

Figura 9 – Exemplo de arranjo de PCH



Fonte: VERGILIO (2012)

2.3.2 Tipos de PCH

Segundo conceitos definidos no documento “Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas” (ELETROBRÁS, 2000) as PCHs podem ser classificadas pela capacidade de regularização do reservatório em três categorias.

2.3.2.1 Fio d’água

Nesse tipo de PCH, não há acúmulo de água para períodos de estiagem, já que as vazões de estiagem do rio são iguais ou superiores à descarga necessária ao atendimento da potência instalada do empreendimento.

Segundo Lindner (2008) as áreas alagadas são geralmente menores, reduzindo impactos ambientais e custos relacionados a desapropriações.

2.3.2.2 Acumulação, com regularização diária do reservatório

Nesse caso, as vazões de estiagem do rio são inferiores à descarga necessária ao atendimento da potência instalada do empreendimento. Sendo assim, haverá acúmulo de água no reservatório, que deverá fornecer o adicional necessário para regularizar a vazão.

Os estudos de regularização terão referências diárias.

2.3.2.3 Acumulação, com regularização mensal do reservatório

Este caso é semelhante à descrição anterior. Entretanto, o projeto da PCH, nesse caso, considera dados de vazões médias mensais em seu dimensionamento. Assim, pressupõe-se uma regularização mensal das vazões médias diárias.

2.3.3 Elementos do Arranjo Geral

Segundo Bragagnolo (2012), o arranjo de uma PCH é determinado através da análise das condicionantes físicas, tais como altura de queda d'água, composição do solo, e, principalmente, da topografia do terreno.

O Manual de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas (MME, 2007) e o documento “Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas” (ELETROBRÁS, 2000) identificam e descrevem os elementos que compõem o arranjo geral de uma PCH. Os principais elementos serão apresentados nos próximos itens.

2.3.2.1 Estruturas de desvio do rio

São estruturas usualmente localizadas próximo a barragem, cujo objetivo é fazer o manejo das águas do rio de modo a permitir a construção das estruturas localizadas em seu leito. As estruturas mais comumente utilizadas são:

- Ensecadeiras: barragens provisórias frequentemente constituídas de enrocamento e solo.
- Túnel: a utilização de túneis é altamente dependente da condição geológica local, e está associada ao uso de ensecadeiras de montante e de jusante;
- Canal: é uma alternativa ao túnel, utilizada em locais de topografia suave e quando o material das ombreiras é resistente a erosão;
- Adufas: são galerias utilizadas de forma associada a estruturas permanentes da obra (habitualmente ao vertedouro).

2.3.2.2 Barragem

É uma estrutura construída no vale do rio, da ombreira de uma margem para a da outra, cuja função é represar a água, possibilitando a alimentação da tomada d'água e/ou a criação do desnível necessário à produção de energia prevista em projeto. Os tipos de barragem usualmente adotados são:

- De concreto convencional ou compactado a rolo (CCR);
- De enrocamento;
- De solo.

2.3.2.3 Vertedouro

É a estrutura responsável pelo controle do nível do reservatório através do extravasamento do excesso de água afluente. Existem três tipos básicos de vertedouro:

- Em canal lateral, de cota elevada em relação ao leito natural e com soleira vertedoura a jusante;
- Barragem vertedoura, ao longo de toda (ou parte) da extensão da crista;
- Combinação dos dois tipos acima.

2.3.2.4 Tomada d'Água

É a estrutura que capta e encaminha a água do rio para o sistema de adução. Apresenta uma grade a montante, cujo objetivo é impedir a entrada de corpos que possam danificar os equipamentos.

2.3.4.5 Canal de adução

Esta estrutura conduz a água captada pela tomada d'água. O canal pode ser trapezoidal ou retangular; com ou sem revestimento.

Caso a construção do canal não seja viável, utiliza-se a tubulação de adução em baixa pressão.

2.3.2.6 Túnel de adução

É uma alternativa ao canal de adução, porém requer escavação em rocha. Torna-se uma opção válida quando a topografia do terreno não for favorável à solução por canal e a rocha apresentar boas propriedades.

2.3.2.7 Conduto forçado

É uma estrutura metálica ou de fibra responsável em que a água escoar em plena seção e sob pressão, localizada depois do canal de adução. É sustentado por blocos de apoio ou de ancoragem.

2.3.2.8 Casa de força

Estrutura em que são alocados equipamentos como turbinas, geradores, painéis elétricos e demais dispositivos para a operação e manutenção da PCH. O arranjo da casa de força é condicionado pelo tipo de turbina e gerador.

2.3.2.9 Canal de Fuga

É a estrutura através da qual a vazão turbinada é restituída ao rio.

2.3.2.10 Subestação

É um conjunto de equipamentos de transformação, manobra, compensação de reativos, proteção e controle.

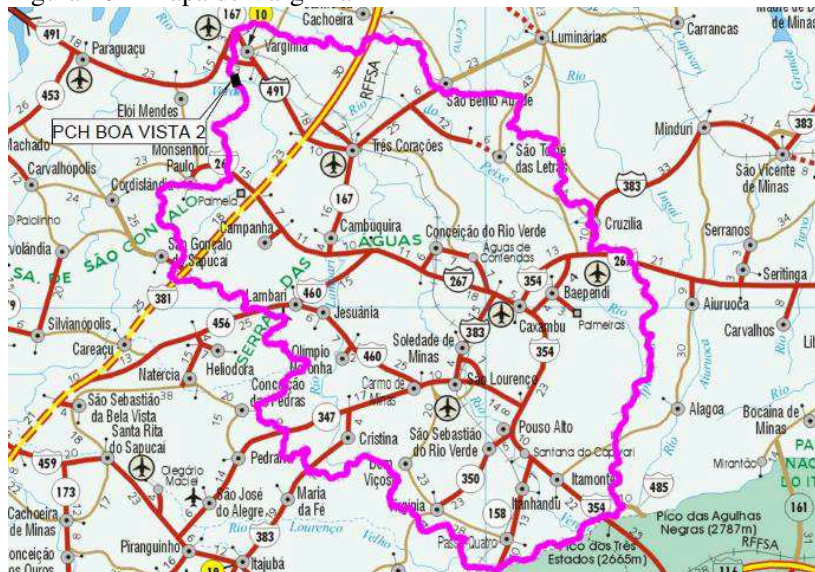
2.3.2.11 Linha de transmissão

É a interligação da usina com o sistema elétrico existente.

3 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A Pequena Central Hidrelétrica Boa Vista 2 será implantada no Rio Verde, no município de Varginha, MG (ver Figura 10). As coordenadas geográficas do empreendimento são 21° 36' 15" de latitude Sul e 45° 27' 01" de longitude Oeste. Ademais, o sítio está localizado no encontro de dois braços do rio, que, após o barramento, se dividem novamente.

Figura 10 – Mapa de Varginha



Fonte: Acervo interno (2017)

O aproveitamento será de 29,9 MW de potência instalada, considerando a implantação de 3 conjuntos turbina-gerador de eixo horizontal, do tipo Kaplan S. A casa de força será do tipo abrigada, e foi dimensionada para a instalação dos 3 conjuntos citados, além de seus equipamentos auxiliares, de comando e controle.

No barramento serão implantadas as estruturas do vertedouro/desvio e do circuito de adução. O comprimento total, de ombreira a ombreira, é de aproximadamente 430 m, sendo cerca de 80% correspondentes a obras de terra e apenas 20% a obras de concreto. Junto ao vertedouro, a barragem terá seção em enrocamento com núcleo de solo argiloso.

O escoamento das vazões de cheia ocorrerá através de um vertedouro controlado por comportas tipo segmento, por meio de 3 vãos com 11,2 m de largura. Haverá uma ogiva constituída por um perfil tipo Creager.

O desvio do rio ocorrerá em 2 fases. Na primeira fase, haverá restrição do braço da margem esquerda, onde será implantado o vertedouro controlado, através da construção de uma ensecadeira. Na segunda fase, o rio passará pelos vãos rebaixados do vertedouro, devido a construção de ensecadeiras de montante e de jusante, que serão posteriormente incorporadas a barragem definitiva.

O circuito de adução, posicionado na margem esquerda do rio, será composto por uma câmara de carga, tomada d'água e casa de força acopladas por galeria de concreto e conduto forçado.

A tomada d'água será frontal, dotada de grades, comporta ensecadeira e comportas de emergência do tipo vagão, e será constituída por três blocos de concreto armado.

O canal de fuga da usina será escavado em solo e rocha, na margem esquerda do rio, e terá extensão de aproximadamente 150 m. Além disso, será implantado um canal transversal à ilha localizada a jusante do eixo. Esse canal estabelece a transposição de parte da vazão para o braço direito do rio e terá aproximadamente 50 m de largura.

A subestação será locada nas proximidades da casa de força, e deverá operar na tensão de 138 kV, com um único vão de entrada proveniente do transformador elevador e uma saída de linha destinada à Subestação Varginha 2 da CEMIG, com aproximadamente 4,8 km de extensão.

4 METODOLOGIA

O método utilizado na elaboração deste trabalho foi o estudo de caso da PCH Boa Vista 2, atualmente em processo de construção.

A Figura 11 apresenta as etapas que constituem a metodologia deste trabalho.

Figura 11 – Fluxograma da metodologia empregada



Fonte: Autoria própria

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Convém ressaltar que este trabalho foi realizado sob o ponto de vista da Contratada (executora da obra) especificamente aplicada a PCH Boa Vista 2. O contrato é de preço global para obras civis, e possui uma cláusula que especifica que riscos geológicos comprovados serão de responsabilidade da Contratante (exceto *overbreak/underbreak*).

Utilizaram-se projetos e especificações técnicas do Projeto Básico para a realização da análise, que se limita às ameaças (ou seja, aos riscos negativos) da obra. As categorias dos riscos foram definidas em conjunto com a equipe de gestão contratual, de maneira conveniente à identificação das equipes responsáveis pela implementação do plano de respostas aos riscos.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS DO EMPREENDIMENTO

Os riscos inerentes à construção de Pequenas Centrais Hidrelétricas foram inicialmente estudados a partir de informações de empreendimentos anteriores. Contudo, cada projeto apresenta características e particularidades que os torna únicos, e o desenvolvimento de uma lista de riscos baseada apenas em históricos de outras obras poderia negligenciar os fatores de risco exclusivos do projeto em estudo.

Logo, tornou-se evidente a necessidade de identificar os riscos específicos do projeto. Realizou-se uma consulta ao PMBOK e à norma IEC/ISO 31010:2009 e optou-se pela adoção de entrevistas semiestruturadas, devido à forma de aplicação do método, que permite o envolvimento e participação de um maior número de pessoas, já que os questionários podem ser aplicados individualmente.

Por conseguinte, houve a seleção dos participantes (especialistas que possuem experiência na área de obras e projetos de PCHs) e a elaboração do questionário. Optou-se por um questionário simples e abrangente (ver Apêndices A e B), dado que a finalidade da aplicação desse método seria obter o maior número de possíveis riscos do projeto.

Os questionários foram então enviados por meio eletrônico para 15 especialistas, juntamente com uma carta explicativa e uma breve caracterização do empreendimento. Foram recebidas 11 respostas, cuja compilação gerou uma lista inicial de riscos.

Em seguida, essa lista de riscos obtida foi levada a uma reunião de *brainstorming* com gerentes de contrato. Os itens previamente levantados desempenharam o papel dos “gatilhos iniciais” responsáveis pela geração do fluxo de ideias. Durante a reunião, houve o acréscimo e a pré-seleção dos riscos, cujo objetivo era evitar duplicidade de informações.

A lista foi posteriormente consolidada, caracterizando a lista geral de riscos do empreendimento em estudo.

4.3 ANÁLISE QUALITATIVA

Para a realização da análise qualitativa de riscos, recorreu-se novamente ao PMBOK e à norma IEC/ISO 31010:2009. Optou-se pelo uso do método de Delphi, partindo do pressuposto sugerido pela literatura, de que a opinião coletiva é superior à opinião individual, e com o objetivo de evitar eventuais influências sociais (vieses cognitivos) que poderiam ocorrer, por exemplo, em uma reunião de *brainstorming*.

A adoção dessa técnica consistiu na elaboração de um questionário, a partir da lista de riscos obtida durante a etapa anterior, almejando-se a obtenção de um consenso entre um grupo de especialistas no processo de priorização de riscos. Para tanto, cada especialista deveria atribuir uma nota (conforme o Quadro 7 e o Quadro 8) para os critérios de probabilidade de ocorrência e impacto, para cada item de risco.

Quadro 7 – Parâmetros de probabilidade

Nota	Descrição da probabilidade	Valor aproximado
1	Muito improvável	< 10%
2	Improvável	10 a 30%
3	Possível	30 a 50%
4	Provável	50 a 80%
5	Muito provável	>80%

Fonte: Autoria própria

Quadro 8 – Parâmetros de impacto

Nota	Descrição do impacto	Valor aproximado (em relação ao resultado)
1	Baixíssimo	< 10%
2	Baixo	10 a 30%
3	Moderado	30 a 80%
4	Alto	80 a 100%
5	Altíssimo	> 100%

Fonte: Autoria própria

O questionário foi novamente enviado a 15 profissionais da área, juntamente com uma carta explicativa (ver Apêndices C e D). Foram recebidas 9 respostas (60% de retorno), que foram devidamente compiladas. A área de atuação de cada especialista e os questionários respondidos são descritos no Quadro 9.

Quadro 9 – Tabela de respondentes

Nº	Área de formação	Especialidade / atuação	Entrevista	Delphi 1	Delphi 2
1	Engenharia civil	Gestão contratual	✓	✓	✓
2	Engenharia civil	Gestão contratual	✓	✓	✓
3	Engenharia civil	Gestão contratual	✓		
4	Geologia - sênior	Consultoria técnica	✓	✓	✓
5	Engenharia civil	Hidrologia	✓	✓	
6	Engenharia civil	Gestão de suprimentos	✓	✓	
7	Engenharia civil	Gestão contratual	✓	✓	✓
8	Engenharia civil	Gestão contratual		✓	
9	Engenharia elétrica - sênior	Consultoria técnica	✓	✓	
10	Economia	Gestão contratual	✓	✓	
11	Ciências contábeis	Controladoria	✓		
12	Engenharia civil	Geotecnia	✓		
13	Engenharia civil	Fundações			
14	Engenharia civil	Estruturas			
15	Engenharia eletrônica	Eletromecânica			

Fonte: Autoria própria

A literatura não especifica exatamente quais ferramentas estatísticas devem ser utilizadas no tratamento das respostas. Alguns autores como Wright e Giovinazzo (2000) sugerem o uso de métodos simples, como mediana e quartis. Neste trabalho, optou-se por utilizar o Teste t de Student, com a finalidade de descartar as respostas muito discrepantes da média geral, que poderiam distorcer os resultados.

Assim, o Teste t de Student foi realizado para todos os valores de probabilidade e impacto, item a item. O cálculo foi feito para medir a probabilidade da média da amostra ter apresentado o valor observado. Utilizou-se $\alpha = 1\%$, de forma a desconsiderar os valores discrepantes sem impactar consideravelmente na amostra. Os valores que se encontravam fora desse intervalo foram descartados.

A avaliação destes coeficientes seria realizada, em um primeiro momento, conforme a matriz abaixo:

Figura 12 – Matriz de probabilidade x impacto adotada

Probabilidade	Impacto				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Fonte: Autoria própria

Todavia, após o tratamento estatístico, notou-se uma tendência aos itens convergirem à zona de riscos moderados, devido ao próprio procedimento estatístico. Assim, optou-se por reavaliar os limites dos coeficientes de risco da seguinte maneira:

Riscos baixos: *coeficiente de risco* ≤ 5

Riscos moderados: $5 < \textit{coeficiente de risco} < 10$

Riscos intoleráveis: *coeficiente de risco* ≥ 10

Assim, após o tratamento estatístico, os riscos foram classificados nas 3 faixas descritas acima, de acordo com a tolerância ao risco desejável. Os riscos críticos (intoleráveis) da média geral (após o tratamento estatístico) foram comparados às respostas iniciais de cada especialista, e esta informação lhes foi reenviada (sem identificar cada respondente), caracterizando o Questionário 02 (ver Apêndices E e F). Os itens que não convergiram deveriam ser justificados segundo os seguintes critérios:

- Se o item de risco fosse considerado intolerável perante a média geral e estivesse muito abaixo do limite estabelecido na opinião do especialista, ele deveria alterar a sua resposta ou justificá-la;
- Se o item de risco fosse considerado abaixo do limite intolerável perante a média geral e estivesse intolerável ao especialista, ele deveria alterar a sua resposta ou justificá-la;

Dos 9 especialistas, apenas 4 responderam o Questionário 02 (44% em relação aos 9 especialistas do Questionário 01). As respostas foram novamente compiladas e o tratamento estatístico foi feito.

Notou-se que a maioria das respostas convergiu de maneira satisfatória. Portanto, não houve a aplicação de um Questionário 03.

4.4 PLANEJAMENTO DE RESPOSTAS AOS RISCOS

O planejamento foi realizado para os riscos classificados como intoleráveis, de acordo com as estratégias estabelecidas pelo PMI (2013). São essas as estratégias: prevenir, transferir, mitigar e aceitar.

A definição da estratégia a ser adotada foi resultado de uma reunião de *brainstorming* com os gestores de contrato.

4.5 CONTROLE E MONITORAMENTO DOS RISCOS

A frequência de controle e monitoramento dos riscos foi definida de acordo com as necessidades e restrições específicas do projeto da PCH Boa Vista 2.

A definição dos períodos de monitoramento e controle a serem adotados foi resultado de uma reunião de *brainstorming* com os gestores de contrato.

5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão expostos os resultados obtidos a partir do método descrito no capítulo anterior.

5.1 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS

Encontra-se abaixo a lista de riscos consolidada obtida após as etapas de entrevista e *brainstorming*, dividida em categorias.

5.1.1 Riscos geológicos e geotécnicos

- Sondagens não representativas e/ou insuficientes para caracterização do empreendimento;
- Fundação da casa de força e do vertedouro sem as características mínimas para implantação;
- Fundação da barragem sem as características mínimas para a sua implantação;
- Septo do canal de fuga com material excessivamente permeável;
- Fundação da bacia do vertedouro com material excessivamente frágil;
- Excesso de overbreak, devido à qualidade da rocha;
- Necessidade de execução de um número excessivo de furos de pré-fissuração, para garantir a qualidade da escavação;
- Topo rochoso diferente do projetado, causando necessidade de retaludamento nos taludes em solo das estruturas definitivas, ou, escavação excessiva;
- Quantidades de perfurações e injeções superiores às estimadas em projeto e/ou substrato excessivamente permeável, provocando excesso de consumo de cimento durante as injeções obrigatórias das cortinas de injeção, além de atraso na execução destas atividades e das subsequentes;
- Excesso de tratamento nos taludes laterais das estruturas obrigatórias, causando atraso no início dos trabalhos em concreto;
- Perda de água do reservatório devido a condições geológicas inadequadas não identificadas durante a fase de projeto e construção;
- Espessura de camada superficial de solo a ser removida para assentamento da barragem superior ao previsto, acarretando em maiores volumes de remoção e aterro;

- Ocorrência de canalículos na fundação das margens e abertura de trincheiras, gerando impacto nos volumes de escavação/aterro e cronograma;
- Variação do topo de rocha em decorrência da alternância de faixas mais resistentes com menos resistentes, decorrente do bandejamento dos gnaisses (variações ao longo de poucos metros), resultando em maiores volumes de escavações e preenchimentos (solo e concreto);
- Ocorrência de juntas de alívio nas ombreiras e no leito do rio, afetando a fundação da barragem;
- Variações laterais significativas nos parâmetros de resistência e permeabilidade, em função do bandejamento das camadas de gnaiss;
- Erosões regressivas a jusante do vertedouro, gerando interferências nas estruturas próximas (base do muro esquerdo e calha de concreto);
- Ocorrência de falhas geológicas;
- Instabilidade nos cortes e aterros durante sua execução;
- Erosão das ensecadeiras longitudinais;
- Infiltrações excessivas sob a barragem e erosão regressiva (*piping*) no corpo do maciço de terra (fase de operação);
- Ocorrência de subpressões elevadas;
- Erosão do enrocamento de pé ;
- Escorregamento de taludes no reservatório;
- Atividade sísmica induzida pelo enchimento do reservatório.

5.1.2 Riscos hidrológicos

- Excesso de chuvas durante a etapa de execução das obras de terra da barragem;
- Excesso de chuvas durante a etapa de execução das ensecadeiras da obra;
- Chuvas extraordinárias acima da cota TR projetada durante a execução da ensecadeira de primeira etapa;
- Chuva extraordinária acima da TR dimensionada para desvio com Vertedouro rebaixado;
- Chuva extraordinária fora da janela hidrológica;
- Dados hidrológicos desatualizados ou incorretos;

- Ocorrência de picos de vazões superiores aos considerados no dimensionamento do sistema de desvio do rio e demais dispositivos de proteção;
- Insuficiência de vazões afluentes durante a fase de enchimento do reservatório.

5.1.3 Riscos de materiais

- Escassez de materiais que atendam às especificações para a produção de materiais de concreto (agregados) e/ou balanço de materiais deficitário, onerando demasiadamente a solução para o fornecimento de rocha e areia para a execução do concreto;
- Escassez de materiais naturais tanto por indisponibilidade de volume quanto por indisponibilidade técnica (atendimento às especificações) para execução dos aterros compactados;
- Agregado excessivamente reativo, exigindo o uso de adições (metacaulim, microsílca, etc);
- Agregado sem resistência a abrasão, inviabilizando o seu uso no concreto;
- Rocha excessivamente alterável (falha no ensaio de ciclagem), inviabilizando o seu uso como enrocamento;
- Excesso de demanda de cimento na região, provocando atrasos na entrega de material;
- Areia disponível com faixa granulométrica fora da especificada para os filtros da barragem;
- Falta de disponibilidade de transportadoras de cimento;
- Falta de disponibilidade no fornecimento de cimento pela fábrica (demanda concorrente durante a concretagem da obra);
- Atraso no envio do aço para as estruturas;
- Incapacidade de encontrar jazida de areia licenciada na DMT máxima do orçamento.

5.1.4 Riscos de interface

- Incompatibilidade de projeto civil com eletromecânico;
- Atraso na execução das obras civis causando atrasos ou paralisações na montagem eletromecânica: guias de comportas das estruturas, liberação do piso das máquinas, etc;

- Problemas de atrasos de outros fornecedores da contratante;
- Interface de responsabilidades e obrigações entre as demais contratadas, com demora na definição das mesmas;
- Paralelismo de atividades, causando ociosidade nas obras civis, por questões relacionadas ao uso seguro das áreas;
- Limitações no uso do dispositivo de içamento, por demanda concorrente com a montagem (ponte rolante);
- Atrasos na execução das estruturas em função de alterações de projetos provocadas por condições executivas;
- Atividades inicialmente predecessoras uma das outras, que não são caminho crítico, tornarem restrição para o andamento do cronograma, se tornando caminho crítico, pelo atraso de outras (ex: montagem das estruturas metálicas e cobertura da casa de força versus término das galerias elétrica/mecânica).

5.1.5 Riscos de contrato

- Eventos de força maior ou caso fortuito recorrentes, que causem prejuízo excessivo à Contratada;
- % relativo ao limite de responsabilidade do contrato;
- Escopo mal detalhado que pode causar dúvidas durante a execução;
- Falha ao identificar a integralidade do escopo, causando sobrepostos para a sua execução em período extemporâneo;
- Incremento do custo de insumos ou materiais importantes, sem que haja previsão contratual para seu reajuste;
- Interpretação dúbia de critérios e requisitos contratuais;
- Escopo de projeto executivo não compatível com o cronograma contratual;
- Pouco ou nenhum detalhamento quanto à divisão e limitação da responsabilidade dos custos provenientes dos riscos geotécnicos;
- Mudança de legislação após a assinatura do contrato.

5.1.6 Riscos socioambientais e sociopolíticos

- Bloqueio dos acessos de obra em função de movimentos comunitários;

- Problemas sociais decorrentes dos critérios para contratação de mão de obra local;
 - Excesso de exposição da obra na mídia, facilitando a organização de movimentos contrários à execução da obra, causando inúmeros eventos de paralisação das atividades;
 - Problemas com comunidades vizinhas que poderão paralisar as obras;
 - Sindicatos locais apresentando condições excessivamente onerosas à Contratada;
 - Sindicato alinhado com movimentos socioambientais, facilitando movimentos de paralisação e protestos contra o empreendimento;
 - Problemas com proprietários do entorno;
 - Demandas vizinhas com relação a supostos estragos provocados pelos trabalhos de escavação em rocha a céu aberto;
 - Paralisações da comunidade em função dos trabalhos de escavação em rocha a céu aberto;
 - Acesso não autorizado de pessoas na região das estruturas, provocando depredações ou acidentes;
 - Acesso de animais nas áreas internas da obra, causando paradas e/ou acidentes, além de pedidos de indenização;
 - Canteiro de obras e localização da usina muito próxima a um centro urbano;
 - Prefeitura local e sindicatos exigirem contratações e benefícios aos trabalhadores da obra não previstos em contrato;
 - Localidade não possuir mínimo de infra estrutura para contratação local, deslocamentos, habitação e comércio de pequenas necessidades;
 - Dificuldade na obtenção de permissões, autorizações e licenças.

5.1.7 Riscos de produção e operação

- Atraso no reabastecimento do tanque de diesel da obra, provocando parada de máquinas;
- Dificuldade para encontrar mão de obra local produtiva, onerando o contrato;
- Alta taxa de *turnover*;

- Equipamentos exigindo excessiva manutenção corretiva, causando improdutividade;
- Equipamentos subdimensionados e equipamentos superdimensionados aumentando custos da obra;
- Equipe subdimensionada ou superdimensionada, ou com pouca capacidade técnica para execução dos serviços, aumentando o tempo previsto de execução;
- Falta de treinamento e capacitação técnica, reduzindo a qualidade e eficiência na prestação de serviços (principalmente motoristas e operadores);
- Atraso na ligação de energia trifásica na obra, causando custos no fornecimento de energia elétrica (com geradores e diesel);
- Atraso na montagem e operação da central de britagem, provocando a falta de agregados para o concreto;
- Atraso na montagem da central de concreto;
- Necessidade de incrementar a equipe indireta, devido a demandas excessivas do cliente;
- Falhas de terceiros contratados para executar serviços que fazem parte do negócio principal do Construtor;
- Atraso na liberação de licença de explosivo, postergando o início da escavação em rocha;
- Problemas no tratamento de juntas de concretagem, provocando excesso de infiltrações na parte interna das estruturas, exigindo injeção de poliuretano em quantidades excessivas;
- Problemas na correta implantação das melhorias do acesso, no período ideal, causando interferências no trânsito local e problemas no fornecimento de materiais e acesso da mão de obra;
- Construtor não ter recursos próprios para suprir deficiências de terceiros;
- Atraso no início de concretagem das ogivas do vertedouro;
- Execução de cortes com taludes provisórios íngremes de escavação das estruturas;
- Maciço da BENA com compactação mal feita ou mal controlada;
- Dificuldades de fechamento do rio na fase de desvio (velocidades muito elevadas);
- Falha sistêmica no sistema de produção;
- Gerenciamento inadequados das equipes e dos equipamentos para que tenham maior produtividade no campo;

- Mal uso dos recursos e materiais e/ou almoxarifado sem controle adequado, aumentando desperdício;
- Atraso nas compras e fornecimentos;
- Horas extras e irregularidades de jornada de trabalho não previstas;
- Atraso na entrega de materiais e equipamentos por parte do fornecedor;
- Problemas de fluxo de caixa;
- Reajuste excessivo no preço de insumos;
- % de equipamentos próprios inferior ao planejado.

5.1.8 Riscos de segurança e meio ambiente

- Excessiva quantidade de paralisações por supostas condições inseguras;
- Excessiva quantidade de auditorias, causando perda de produtividade;
- Excessiva quantidade de treinamentos e diálogos de segurança, causando perda de produtividade;
- Demora excessiva na avaliação da documentação de segurança, causando atraso na contratação de colaboradores;
- Critérios excessivamente rígidos na inspeção de equipamentos, para liberação para uso em obra;
- Paralisação de atividades em função do lançamento de resíduos (poeira da central de britagem ou perfuração de rocha para detonação);
- Restrições para o uso de equipamentos de içamento para trabalhos em altura;
- Intervenções da Contratante em função da quantidade de incidentes, condições inseguras ou acidentes, causando atrasos e a necessidade de custo para incremento da equipa prevista de QSMS;
- Custos para cumprimentos de requisitos de segurança e meio ambiente mal dimensionados;
- Nível de experiência inicialmente aceita pela contratante da equipe de QSMS da contratada ser insuficiente para execução dos requisitos da contratante;
- PRAD se provar inadequado após sua execução, ficando passivo ambiental como pendência para obtenção da LO;

- Ocorrência de acidentes com pessoas alheias ao empreendimento, devido à proximidade da obra com comunidades vizinhas;
- Desconhecimento das legislações locais e posse das autorizações pertinentes para desenvolvimento dos trabalhos adequados e conforme a lei;
- Ocorrência de danos ambientais com pagamento de multa.

5.1.9 Riscos de engenharia

- Projeto mal estudado, com poucos detalhes ou informações imprecisas;
- Atraso na entrega, revisão e aprovação dos projetos para organização da obra, permitindo trabalho com revisões obsoletas;
- Projeto executivo com muitos erros de interface entre civil, elétrica e mecânica (compatibilização);
- Modificações intempestivas nos projetos executivos;
- Descontrole das alterações de projetos realizadas em obra para compor *as built* e passar a demais projetistas para compatibilizações entre demais projetos;
- Falta de comunicação entre projetistas e engenheiros de produção para ajustar e conhecer as interferências e dificuldades executivas;
- Impossibilidade de utilização da ilha de jusante para redução de volumes da ensecadeira, onerando sua execução;
- Problemas relacionados à escavação do canal de fuga (projeto omissos neste ponto);
- Problemas associados ao septo do canal de fuga (projeto também omissos neste ponto);
- Problemas na Interface entre o abraço da barragem e as estruturas de concreto devido a problemas na compactação da argila;
- Curva chave pode estar mal calculada ou calibrada para o braço esquerdo do rio, no trecho da ilha de jusante, podendo levar ao dimensionamento equivocado de uma ensecadeira de proteção das estruturas de jusante;
- Má avaliação das condições de cheias extremas, causando o subdimensionamento da ensecadeira de primeira fase;
- Má avaliação das vazões, causando distorções nos critérios usados para a condição de desvio do rio, na segunda fase, para

implantação da barragem, podendo causar o galgamento da estrutura de enrocamento;

- Alto potencial variação de quantidades nas obras civis no projeto executivo;
- Dimensionamento incorreto das quantidades de projeto (listas de materiais) gerando desvios de orçamento.

5.2 ANÁLISE QUALITATIVA

As respostas obtidas através da aplicação dos questionários de Delphi encontram-se no Apêndice G.

A lista geral de riscos avaliados é apresentada nos quadros a seguir.

Quadro 10 – Riscos geológicos geotécnicos

RISCOS GEOLÓGICOS / GEOTÉCNICOS		Coef.
1	Sondagens não representativas e/ou insuficientes para caracterização do empreendimento	9,60
2	Fundação da casa de força e do vertedouro sem as características mínimas para implantação	8,64
3	Fundação da barragem sem as características mínimas para a sua implantação	7,68
4	Septo do canal de fuga com material excessivamente permeável	6,60
5	Fundação da bacia do vertedouro com material excessivamente frágil	9,12
6	Excesso de overbreak, devido à qualidade da rocha	8,96
7	Necessidade de execução de um número excessivo de furos de pré fissuração, para garantir a qualidade da escavação	6,60
8	Topo rochoso diferente do projetado, causando necessidade de retaludamento nos taludes em solo das estruturas definitivas, ou, escavação excessiva	9,00
9	Quantidades de perfurações e injeções superiores às estimadas em projeto e/ou substrato excessivamente permeável, provocando excesso de consumo de cimento durante as injeções obrigatórias das cortinas de injeção, além de atraso na execução destas atividades e das subsequentes	6,60

RISCOS GEOLÓGICOS / GEOTÉCNICOS		Coef.
10	Excesso de tratamento nos taludes laterais das estruturas obrigatórias, causando atraso no início dos trabalhos em concreto	7,80
11	Perda de água do reservatório devido a condições geológicas inadequadas não identificadas durante a fase de projeto e construção	6,12
12	Espessura de camada superficial de solo a ser removida para assentamento da barragem superior ao previsto, acarretando em maiores volumes de remoção e aterro	7,80
13	Ocorrência de canalículos na fundação das margens e abertura de trincheiras, gerando impacto nos volumes de escavação/aterro e cronograma	6,19
14	Variação do topo de rocha em decorrência da alternância de faixas mais resistentes com menos resistentes, decorrente do bandejamento dos gnaisses (variações ao longo de poucos metros), resultando em maiores volumes de escavações e preenchimentos (solo e concreto)	5,56
15	Ocorrência de juntas de alívio nas ombreiras e no leito do rio, afetando a fundação da barragem	6,00
16	Variações laterais significativas nos parâmetros de resistência e permeabilidade, em função do bandejamento das camadas de gnaisse	7,50
17	Erosões regressivas a jusante do vertedouro, gerando interferências nas estruturas próximas (base do muro esquerdo e calha de concreto)	8,25
18	Ocorrência de falhas geológicas	7,31
19	Instabilidade nos cortes e aterros durante sua execução	6,72
20	Erosão das enseadeiras longitudinais	7,28
21	Infiltrações excessivas sob a barragem e erosão regressiva (<i>piping</i>) no corpo do maciço de terra (fase de operação)	6,56
22	Ocorrência de subpressões elevadas	5,63
23	Erosão do enrocamento de pé	7,00
24	Escorregamento de taludes no reservatório	5,63
25	Atividade sísmica induzida pelo enchimento do reservatório	7,00

Fonte: Autoria própria

Quadro 11 – Riscos hidrológicos

RISCOS HIDROLÓGICOS		Coef.
1	Excesso de chuvas durante a etapa de execução das obras de terra da barragem	11,00
2	Excesso de chuvas durante a etapa de execução das ensecadeiras da obra	9,00
3	Chuvas extraordinárias acima da cota TR projetada durante a execução da ensecadeira de primeira etapa	6,68
4	Chuva extraordinária acima da TR dimensionada para desvio com vertedouro rebaixado	9,60
5	Chuva extraordinária fora da janela hidrológica	8,33
6	Dados hidrológicos desatualizados ou incorretos	6,00
7	Ocorrência de picos de vazões superiores aos considerados no dimensionamento do sistema de desvio do rio e demais dispositivos de proteção	8,29
8	Insuficiência de vazões afluentes durante a fase de enchimento do reservatório	8,97

Fonte: Autoria própria

Quadro 12 – Riscos de materiais

RISCOS DE MATERIAIS		Coef.
1	Escassez de materiais que atendam às especificações para a produção de materiais de concreto (agregados)e /ou balanço de materiais deficitário, onerando demasiadamente a solução para o fornecimento de rocha e areia para a execução do concreto	13,44
2	Escassez de materiais naturais tanto por indisponibilidade de volume quanto por indisponibilidade técnica (atendimento às especificações) para execução dos aterros compactados	7,58
3	Agregado excessivamente reativo, exigindo o uso de adições (metacaulim, microsilica, etc)	5,83
4	Agregado sem resistência a abrasão, inviabilizando o seu uso no concreto	6,02
5	Rocha excessivamente alterável (falha no ensaio de ciclagem), inviabilizando o seu uso como enrocamento	7,29

RISCOS DE MATERIAIS		Coef.
6	Excesso de demanda de cimento na região, provocando atrasos na entrega de material	3,43
7	Areia disponível com faixa granulométrica fora da especificada para os filtros da barragem	9,26
8	Falta de disponibilidade de transportadoras de cimento	4,44
9	Falta de disponibilidade no fornecimento de cimento pela fábrica (demanda concorrente durante a concretagem da obra)	4,93
10	Atraso no envio do aço para as estruturas	8,21
11	Incapacidade de encontrar jazida de areia licenciada na DMT máxima do orçamento	9,33

Fonte: Autoria própria

Quadro 13 – Riscos de interface

RISCOS DE INTERFACE		Coef.
1	Incompatibilidade de projeto civil com eletromecânico	10,48
2	Atraso na execução das obras civis causando atrasos ou paralisações na montagem eletromecânica: guias de comportas das estruturas, liberação do piso das máquinas, etc	12,00
3	Problemas de atrasos de outros fornecedores da Contratante	9,00
4	Interface de responsabilidades e obrigações entre as demais contratadas, com demora na definição das mesmas	10,50
5	Paralelismo de atividades, causando ociosidade nas obras civis, por questões relacionadas ao uso seguro das áreas	8,08
6	Limitações no uso do dispositivo de içamento, por demanda concorrente com a montagem (ponte rolante)	8,00
7	Atrasos na execução das estruturas em função de alterações de projetos provocadas por condições executivas	8,00
8	Atividades inicialmente predecessoras uma das outras, que não são caminho crítico, tornarem restrição para o andamento do cronograma, se tornando caminho crítico, pelo atraso de outras (ex: montagem das estruturas metálicas e cobertura da casa de força versus término das galerias elétrica/mecânica)	9,43

Fonte: Autoria própria

Quadro 14 – Riscos de contrato

RISCOS DE CONTRATO		Coef.
1	Eventos de força maior ou caso fortuito recorrentes, que causem prejuízo excessivo à Contratada	8,75
2	% relativo ao limite de responsabilidade do contrato	6,86
3	Escopo mal detalhado que pode causar dúvidas durante a execução	7,46
4	Falha ao identificar a integralidade do escopo, causando sobrepostos para a sua execução em período extemporâneo	6,86
5	Incremento do custo de insumos ou materiais importantes, sem que haja previsão contratual para seu reajuste	6,00
6	Interpretação dúbia de critérios e requisitos contratuais	11,17
7	Escopo de projeto executivo não compatível com o cronograma contratual	10,93
8	Pouco ou nenhum detalhamento quanto à divisão e limitação da responsabilidade dos custos provenientes dos riscos geotécnicos	8,03
9	Mudança de legislação após a assinatura do contrato	4,28

Fonte: Autoria própria

Quadro 15 – Riscos socioambientais e sociopolíticos

RISCOS SOCIOAMBIENTAIS E SOCIOPOLÍTICOS		Coef.
1	Bloqueio dos acessos de obra em função de movimentos comunitários	8,21
2	Problemas sociais decorrentes dos critérios para contratação de mão de obra local	6,25
3	Excesso de exposição da obra na mídia, facilitando a organização de movimentos contrários à execução da obra, causando inúmeros eventos de paralisação das atividades	9,10
4	Problemas com comunidades vizinhas que poderão paralisar as obras	9,00
5	Sindicatos locais apresentando condições excessivamente onerosas à Contratada	6,94
6	Sindicato alinhado com movimentos socioambientais, facilitando movimentos de paralisação e protestos contra o empreendimento	5,71
7	Problemas com proprietários do entorno	9,50

RISCOS SOCIOAMBIENTAIS E SOCIOPOLÍTICOS		Coef.
8	Demandas vizinhas com relação a supostos estragos provocados pelos trabalhos de escavação em rocha a céu aberto	7,29
9	Paralisações da comunidade em função dos trabalhos de escavação em rocha a céu aberto	4,58
10	Acesso não autorizado de pessoas na região das estruturas, provocando depredações ou acidentes	7,14
11	Acesso de animais nas áreas internas da obra, causando paradas e/ou acidentes, além de pedidos de indenização	7,00
12	Canteiro de obras e localização da usina muito próximo a um centro urbano	7,74
13	Prefeitura local e sindicatos exigirem contratações e benefícios aos trabalhadores da obra não previstos em contrato	5,71
14	Localidade não possuir mínimo de infraestrutura para contratação local, deslocamentos, habitação e comércio de pequenas necessidades	2,94
15	Dificuldade na obtenção de permissões, autorizações e licenças	5,00

Fonte: Autoria própria

Quadro 16 – Riscos de produção e operacionais

RISCOS DE PRODUÇÃO E OPERACIONAIS		Coef.
1	Atraso no reabastecimento do tanque de diesel da obra, provocando parada de máquinas	10,13
2	Dificuldade para encontrar mão de obra local produtiva, onerando o contrato	4,29
3	Alta taxa de turnover	5,28
4	Equipamentos exigindo excessiva manutenção corretiva, causando improdutividade	10,50
5	Equipamentos subdimensionados e equipamentos superdimensionados aumentando custos da obra	11,00
6	Equipe subdimensionada ou superdimensionada, ou com pouca capacidade técnica para execução dos serviços, aumentando o tempo previsto de execução	11,00

RISCOS DE PRODUÇÃO E OPERACIONAIS		Coef.
7	Falta de treinamento e capacitação técnica, reduzindo a qualidade e eficiência na prestação de serviços (principalmente motoristas e operadores)	5,44
8	Atraso na ligação de energia trifásica na obra, causando custos no fornecimento de energia elétrica (com geradores e diesel)	8,17
9	Atraso na montagem e operação da central de britagem, provocando a falta de agregados para o concreto	9,86
10	Atraso na montagem da central de concreto	7,71
11	Necessidade de incrementar a equipe indireta, devido a demandas excessivas do cliente	6,00
12	Falhas de terceiros contratados para executar serviços que fazem parte do negócio principal do Construtor	7,00
13	Atraso na liberação de licença de explosivo, postergando o início da escavação em rocha	10,29
14	Problemas no tratamento de juntas de concretagem, provocando excesso de infiltrações na parte interna das estruturas, exigindo injeção de poliuretano em quantidades excessivas	7,71
15	Problemas na correta implantação das melhorias do acesso, no período ideal, causando interferências no trânsito local e problemas no fornecimento de materiais e acesso da mão de obra	6,17
16	Construtor não ter recursos próprios para suprir deficiências de terceiros	7,00
17	Atraso no início de concretagem das ogivas do vertedouro	7,35
18	Execução de cortes com taludes provisórios íngremes de escavação das estruturas	4,28
19	Maciço da BENA com compactação mal feita ou mal controlada	6,12
20	Dificuldades de fechamento do rio na fase de desvio (velocidades muito elevadas)	9,00
21	Falha sistêmica no sistema de produção	11,67
22	Gerenciamento inadequados das equipes e dos equipamentos para que tenham maior produtividade no campo	9,00

RISCOS DE PRODUÇÃO E OPERACIONAIS		Coef.
23	Mal uso dos recursos e materiais e/ou almoxarifado sem controle adequado, aumentando desperdício	6,50
24	Atraso nas compras e fornecimentos	13,20
25	Horas extras e irregularidades de jornada de trabalho não previstas	10,50
26	Atraso na entrega de materiais e equipamentos por parte do fornecedor	10,50
27	Problemas de fluxo de caixa	10,00
28	Reajuste excessivo no preço de insumos	4,67
29	% de equipamentos próprios inferior ao planejado	6,07

Fonte: Autoria própria

Quadro 17 – Riscos de segurança e meio ambiente

RISCOS DE SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE		Coef.
1	Excessiva quantidade de paralisações por supostas condições inseguras	7,00
2	Excessiva quantidade de auditorias, causando perda de produtividade	4,44
3	Excessiva quantidade de treinamentos e diálogos de segurança, causando perda de produtividades	5,20
4	Demora excessiva na avaliação da documentação de segurança, causando atraso na contratação de colaboradores	10,78
5	Critérios excessivamente rígidos na inspeção de equipamentos, para liberação para uso em obra	6,50
6	Paralisação de atividades em função do lançamento de resíduos (poeira da central de britagem ou perfuração de rocha para detonação)	4,44
7	Restrições para o uso de equipamentos de içamento para trabalhos em altura	7,62
8	Intervenções da Contratante em função da quantidade de incidentes, condições inseguras ou acidentes, causando atrasos e a necessidade de custo para incremento da equipa prevista de QSMS	5,67
9	Custos para cumprimentos de requisitos de segurança e meio ambiente mal dimensionados	5,33

RISCOS DE SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE		Coef.
10	Nível de experiência inicialmente aceita pela contratante da equipe de QSMS da contratada ser insuficiente para execução dos requisitos da contratante	2,50
11	PRAD se provar inadequado após sua execução, ficando passivo ambiental como pendência para obtenção da LO	6,33
12	Ocorrência de acidentes com pessoas alheias ao empreendimento, devido à proximidade da obra com comunidades vizinhas	10,00
13	Desconhecimento das legislações locais e posse das autorizações pertinentes para desenvolvimento dos trabalhos adequados e conforme a lei	4,46
14	Ocorrência de danos ambientais com pagamento de multa	4,44

Fonte: Autoria própria

Quadro 18 – Riscos de engenharia

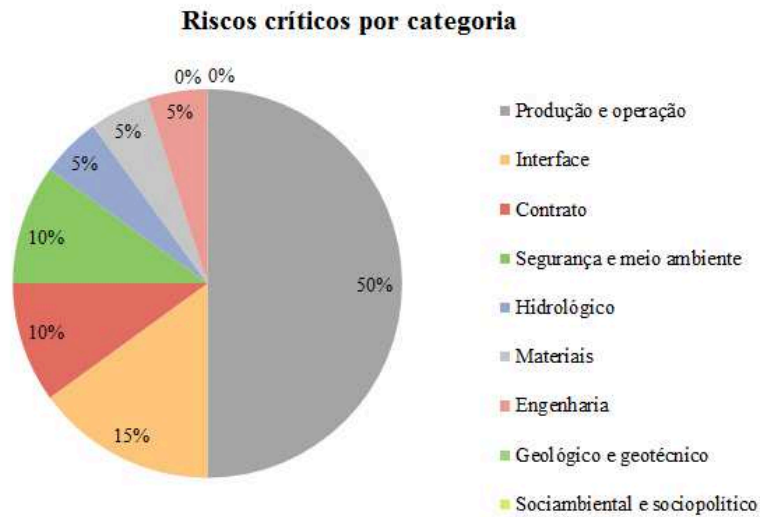
RISCOS DE ENGENHARIA		Coef.
1	Projeto mal estudado, com poucos detalhes ou informações imprecisas	7,08
2	Atraso na entrega, revisão e aprovação dos projetos para organização da obra, permitindo trabalho com revisões obsoletas	7,92
3	Projeto executivo com muitos erros de interface entre civil, elétrica e mecânica (compatibilização)	7,80
4	Modificações intempestivas nos projetos executivos	6,93
5	Descontrole das alterações de projetos realizadas em obra para compor as built e passar a demais projetistas para compatibilizações entre demais projetos	5,60
6	Falta de comunicação entre projetistas e engenheiros de produção para ajustar e conhecer as interferências e dificuldades executivas	9,00
7	Impossibilidade de utilização da ilha de jusante para redução de volumes da enscadeira, onerando sua execução	4,67
8	Problemas relacionados à escavação do canal de fuga (projeto omissso neste ponto)	10,00
9	Problemas associados ao septo do canal de fuga (projeto também omissso neste ponto)	8,00

RISCOS DE ENGENHARIA		Coef.
10	Problemas na interface entre o abraço da barragem e as estruturas de concreto devido a problemas na compactação da argila	8,45
11	Curva chave pode estar mal calculada ou calibrada para o braço esquerdo do rio, no trecho da ilha de jusante, podendo levar ao dimensionamento equivocado de uma ensecadeira de proteção das estruturas de jusante	5,67
12	Má avaliação das condições de cheias extremas, causando o sub dimensionamento da ensecadeira de primeira fase	5,33
13	Má avaliação das vazões, causando distorções nos critérios usados para a condição de desvio do Rio, na segunda fase, para implantação da Barragem, podendo causa o galgamento da estrutura de enrocamento	6,86
14	Alto potencial variação de quantidades nas obras civis no projeto executivo	5,20
15	Dimensionamento incorreto das quantidades de projeto (listas de materiais) gerando desvios de orçamento	8,44

Fonte: Autoria própria

A Figura 13 apresenta a composição dos riscos por categoria. Assim, evidencia-se que 50% dos riscos críticos analisados pertencem à área de produção e operação. Esse gráfico facilita o entendimento das equipes que serão responsáveis pela implantação do plano de respostas.

Figura 13 – Riscos críticos por categoria



Fonte: Autoria própria

5.3 PLANEJAMENTO DE RESPOSTAS AOS RISCOS

O Quadro 18 apresenta os riscos intoleráveis do projeto e as ações sugeridas, de acordo com a classificação do PMI (2013).

Quadro 19 – Riscos intoleráveis

Categoria	Risco	Ação
Hidrológico	Excesso de chuvas durante a etapa de execução das obras de terra da barragem	Aceitar
Materiais	Escassez de materiais que atendam às especificações para a produção de materiais de concreto (agregados) e /ou balanço de materiais deficitário, onerando demasiadamente a solução para o fornecimento de rocha e areia para a execução do concreto	Mitigar
Interface	Incompatibilidade de projeto civil com eletromecânico	Mitigar

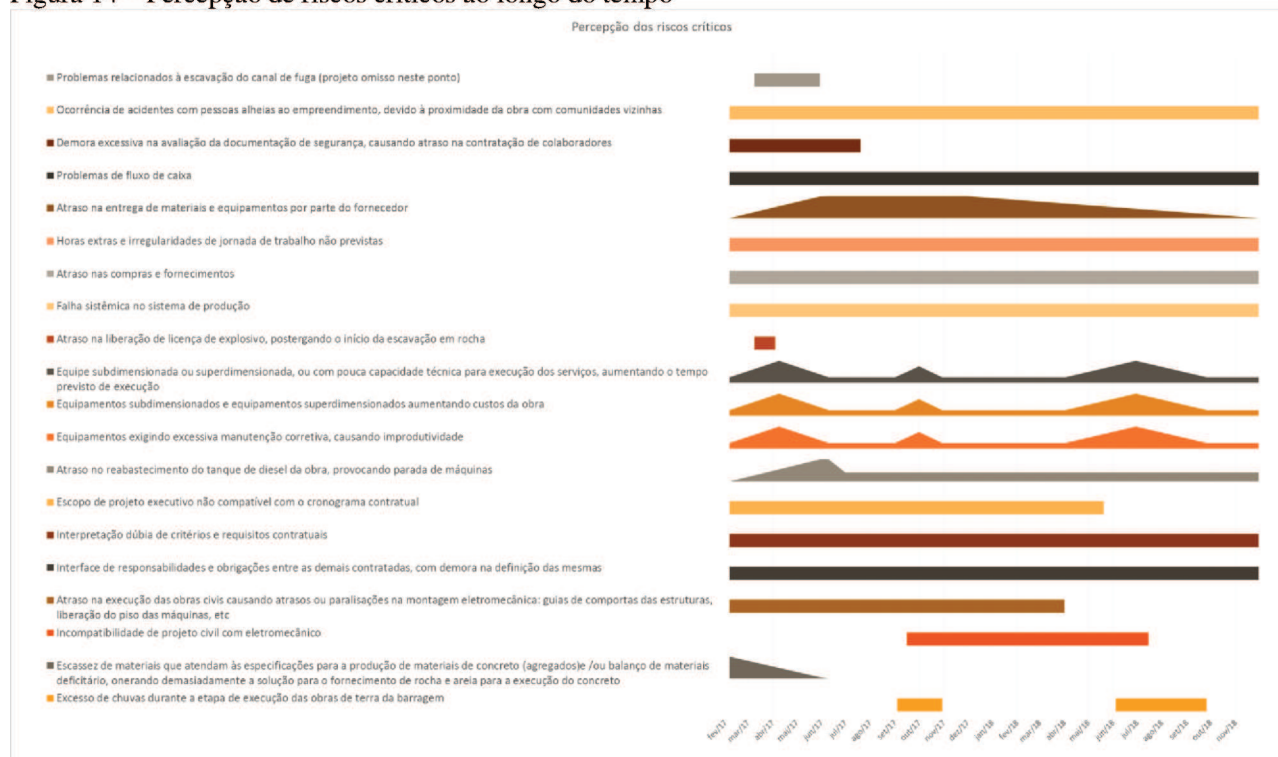
Categoria	Risco	Ação
Interface	Atraso na execução das obras civis causando atrasos ou paralisações na montagem eletromecânica: guias de comportas das estruturas, liberação do piso das máquinas, etc	Prevenir
Interface	Interface de responsabilidades e obrigações entre as demais contratadas, com demora na definição das mesmas	Mitigar
Contrato	Interpretação dúbia de critérios e requisitos contratuais	Mitigar
Contrato	Escopo de projeto executivo não compatível com o cronograma contratual	Mitigar
Produção	Atraso no reabastecimento do tanque de diesel da obra, provocando parada de máquinas	Prevenir
Produção	Equipamentos exigindo excessiva manutenção corretiva, causando improdutividade	Mitigar
Produção	Equipamentos subdimensionados e equipamentos superdimensionados aumentando custos da obra	Prevenir
Produção	Equipe subdimensionada ou superdimensionada, ou com pouca capacidade técnica para execução dos serviços, aumentando o tempo previsto de execução	Prevenir
Produção	Atraso na liberação de licença de explosivo, postergando o início da escavação em rocha	Prevenir
Produção	Falha sistêmica no sistema de produção	Prevenir
Produção	Atraso nas compras e fornecimentos	Prevenir
Produção	Horas extras e irregularidades de jornada de trabalho não previstas	Prevenir
Produção	Atraso na entrega de materiais e equipamentos por parte do fornecedor	Mitigar
Produção	Problemas de fluxo de caixa	Mitigar

Categoria	Risco	Ação
Segurança	Demora excessiva na avaliação da documentação de segurança, causando atraso na contratação de colaboradores	Mitigar
Segurança	Ocorrência de acidentes com pessoas alheias ao empreendimento, devido à proximidade da obra com comunidades vizinhas	Transferir
Engenharia	Problemas relacionados à escavação do canal de fuga (projeto omissso neste ponto)	Prevenir

Fonte: Autoria própria

A Figura 14 representa a percepção dos riscos críticos ao longo do tempo, de acordo com o cronograma previsto. Assim, ilustram-se os períodos em que os riscos podem se tornar eventos.

Figura 14 – Percepção de riscos críticos ao longo do tempo



Fonte: Autoria própria

5.3.1 Riscos hidrológicos

1. Excesso de chuvas durante a etapa de execução das obras de terra da barragem;
 - Estratégia selecionada: aceitar;
 - Área responsável: planejamento (campo);
 - Comentários: o cronograma de execução das obras de terra da barragem foi estabelecido de forma a coincidir com o período seco. Evitar-se-ia, assim, o volume de chuvas típico do período chuvoso. Contudo, existe a probabilidade de ocorrência de chuvas atípicas no período, e, neste caso, a equipe teria como estratégia a aceitação ativa deste risco – a ação depende da ocorrência do evento e deve-se previamente estabelecer uma reserva para contingências (recursos financeiros e folgas no cronograma).

5.3.2 Riscos de materiais

1. Escassez de materiais que atendam às especificações para a produção de materiais de concreto (agregados) e /ou balanço de materiais deficitário, onerando demasiadamente a solução para o fornecimento de rocha e areia para a execução do concreto;
 - Estratégia: mitigar;
 - Área responsável: gestão contratual;
 - Comentários: segundo dados do projeto básico e estudos preliminares, há a possibilidade da quantidade de materiais provenientes das escavações não ser suficiente para atender toda à demanda para produção de concreto. Ademais, pode haver interferência no que diz respeito à qualidade dos materiais naturais. Devido a essas condicionantes, a estratégia sugerida é a mitigação, através da realização de análises mineralógicas e estudos sobre alternativas de fornecimento de rocha e areia, na qual a orçamentação se torna uma ferramenta essencial para a análise custo-benefício de cada alternativa. Nota-se que o empreendimento está localizado em uma região de fácil acesso e próximo a pedreiras, reduzindo, em partes, os custos com logística.

5.3.3 Riscos de interface

1. Incompatibilidade de projeto civil com eletromecânico
 - Estratégia: mitigar;
 - Área responsável: engenharia e qualidade;

- Comentários: de acordo com dados da Contratada, este é um risco recorrente em empreendimentos de PCHs. Propõe-se a mitigação deste risco através da verificação de compatibilidade dos projetos civil e de montagem, conforme emissão, pela equipe de campo. Recomenda-se ainda a alocação de folgas no cronograma executivo.

2. Atraso na execução das obras civis causando atrasos ou paralisações na montagem eletromecânica: guias de comportas das estruturas, liberação do piso das máquinas, etc.

- Estratégia: prevenir;
- Área responsável: planejamento (campo);
- Comentários: sugere-se a realização de um planejamento minucioso e o estabelecimento de um cronograma que apresente folgas entre a conclusão de atividades da civil e o início das atividades de montagem subsequentes. Recomenda-se, ainda, fazer a programação das atividades visando a possibilidade de realocação de mão de obra para outras atividades caso ocorram atrasos desta escala.

3. Interface de responsabilidades e obrigações entre as demais contratadas, com demora na definição das mesmas

- Estratégia: mitigar;
- Área responsável: gestão contratual;
- Comentários: recomenda-se o estudo aprofundado das cláusulas contratuais que definem o escopo do produto e do serviço, a fim de evitar demoras e eventuais atrasos na execução da obra. Ademais, sugere-se a utilização de uma matriz de responsabilidades, cuja função seria identificar e delimitar os encargos de cada contratada. Em situações de dúvidas a respeito da responsabilidade da interface, recomenda-se que haja um responsável da Contratada (como, por exemplo, um superintendente) que possa mediar esclarecimentos com a Contratante.

5.3.4 Riscos de contrato

1. Interpretação dúbia de critérios e requisitos contratuais

- Estratégia: mitigar;
- Área responsável: gestão contratual;
- Comentários: propõe-se o estudo aprofundado do contrato e a realização de reuniões semanais para alinhamento da equipe de produção com a equipe de gestão contratual, cuja finalidade é mitigar

riscos relacionados ao mau entendimento de critérios e requisitos contratuais. Recomenda-se ainda que haja um responsável da Contratada (como, por exemplo, um superintendente) que possa mediar acordos de responsabilidades e serviços com a Contratante.

2. Escopo de projeto executivo não compatível com o cronograma contratual
 - Estratégia: mitigar;
 - Área responsável: gestão contratual;
 - Comentários: Sugere-se a avaliação e revisão completa do contrato antes de seu fechamento, preferencialmente por uma equipe de gerentes de contrato experientes. Os gerentes devem avaliar os marcos contratuais e fazer ponderação sobre o cumprimentos dos mesmos nas datas previstas. Ademais, eventuais alterações no escopo de projeto devem ser feitas somente por meio de aditivos ao contrato.

5.3.5 Riscos de produção

1. Atraso no reabastecimento do tanque de diesel da obra, provocando parada de máquinas
 - Estratégia: prevenir;
 - Área responsável: planejamento (campo) e controladoria;
 - Comentários: este risco está relacionado ao planejamento da contratação e do fluxo de caixa, pois apresenta um custo relativamente alto ao empreendimento. O atraso no abastecimento de diesel tem impacto alto e direto na produção (em um primeiro momento, em fase de escavações, impacta-se no não funcionamento de caminhões e perfuratrizes). Com a finalidade de prevenção deste evento, recomenda-se o fechamento do contrato de diesel logo ao início da obra, e a programação adequada do pagamento referente ao seu contrato de fornecimento. Propõe-se ainda a contratação de fornecedor de qualidade e confiança, para evitar possíveis transtornos relacionados à entrega do diesel na obra.
2. Equipamentos exigindo excessiva manutenção corretiva, causando improdutividade
 - Estratégia: mitigar;
 - Área responsável: qualidade;

- Comentários: segundo dados internos da Contratada, os equipamentos que mais exigem manutenção corretiva estão relacionados às atividades de escavação em rocha, sendo estes principalmente perfuratrizes. A realização de manutenções preventivas pode auxiliar na mitigação deste evento, em conjunto com uso e avaliação de ferramentas de dados e indicadores, tais como:

- Produção por equipamento;
- Produção por operador;
- Verificação do horímetro e tempo de uso do equipamento;
- Análise de interferência de modelos e marcas.

3. Equipamentos subdimensionados e equipamentos superdimensionados aumentando custos da obra

- Estratégia: prevenir;
- Área responsável: planejamento (campo);
- Comentários: para a prevenção desse risco, sugere-se que o dimensionamento de equipamentos seja realizado com base em históricos de obras anteriores semelhantes (através da análise de indicadores e histogramas de outras obras, por exemplo) e em consenso com a opinião da equipe de suprimentos. Salienta-se que o planejamento do balanço entre equipamentos locados da Contratada e equipamentos locados de terceiros é fundamental, já que a locação de terceiros acarreta em custos mais elevados. Evidencia-se ainda a possível necessidade de contratação de uma perfuratriz reserva para os períodos de pico de desmonte de rocha, evitando quedas bruscas de produção em caso de quebra de máquinas. Propõe-se ainda o estabelecimento de uma folga no cronograma, para caso de necessidade.

4. Equipe subdimensionada ou superdimensionada, ou com pouca capacidade técnica para execução dos serviços, aumentando o tempo previsto de execução

- Estratégia: prevenir;
- Área responsável: planejamento (campo);
- Comentários: para a prevenção desse risco, sugere-se a análise de históricos de obras anteriores semelhantes (indicadores e histogramas) e a verificação da HHT(Homem Hora Trabalhada) apropriada ao projeto – em uma situação mais conservadora, pode-se optar pela consideração de um HHT abaixo do valor usualmente adotado pela empresa, partindo da suposição que o rendimento da equipe será

inferior ao rendimento médio de outras obras. Propõe-se ainda o estabelecimento de uma folga no cronograma, para caso de necessidade.

5. Atraso na liberação de licença de explosivo, postergando o início da escavação em rocha

- Estratégia: prevenir;
- Área responsável: gestão contratual;
- Comentários: Propõe-se a prevenção deste evento por meio da contratação de uma empresa qualificada (que possua experiência neste tipo de empreendimento) e localizada próximo à região da obra (maior facilidade à obtenção da licença devido ao conhecimento da legislação local e requisitos necessários). Ainda em relação ao desmonte de rocha, recomenda-se a contratação de um *blaster* experiente para a elaboração de planos de fogo otimizados.

6. Falha sistêmica no sistema de produção

- Estratégia: prevenir;
- Área responsável: planejamento (campo) e engenharia;
- Comentários: sugere-se a prevenção deste risco através da realização de um controle produtivo, cujo objetivo é minimizar falhas no processo, mapear atrasos e prejuízos de tempo para recuperação e minimizar eventuais prorrogações no tempo total de obra. Sugere-se, ainda, que esse controle seja supervisionado por um engenheiro experiente (nível de superintendência).

7. Atraso nas compras e fornecimentos

- Estratégia: prevenir;
- Área responsável: planejamento (campo) e suprimentos;
- Comentários: propõe-se que a prevenção deste risco seja realizada através da elaboração de um plano de compras, cujo objetivo é fazer a programação de aquisições de forma a manter o caixa positivo ao longo do contrato. Salienta-se que é necessário incluir a este plano uma contingência para eventuais compras emergenciais.

8. Horas extras e irregularidades de jornada de trabalho não previstas

- Estratégia: prevenir;
- Área responsável: planejamento (campo);
- Comentários: a prevenção deste risco deve ocorrer por meio do correto dimensionamento de mão de obra necessária a cada etapa da

obra, e do estabelecimento de folgas no cronograma para atividades críticas (ou mais passíveis de atraso).

9. Atraso na entrega de materiais e equipamentos por parte do fornecedor

- Estratégia: mitigar;
- Área responsável: suprimentos e gestão contratual;
- Comentários: sugere-se que este risco seja mitigado através de garantias contratuais, além da busca por fornecedores de qualidade e boa reputação no mercado. Para determinados casos, sugere-se ainda a elaboração de um plano de diligenciamento, alinhada com a política de garantia da qualidade.

10. Problemas de fluxo de caixa

- Estratégia: mitigar;
- Área responsável: controladoria;
- Comentários: os problemas relacionados ao fluxo de caixa estão usualmente atrelados ao mau planejamento da relação compras x recebimentos. Dessa maneira, deve-se fazer uso de ferramentas de gerenciamento. Em relação às aquisições, recomenda-se a elaboração do plano de compras (conforme citado acima, no item 7), a partir do qual é possível gerar a curva de desembolso; em relação aos recebimentos, recomenda-se o uso de recursos como a curva de avanço físico e acompanhamento do eventograma previsto. O balanço final entre compras e recebimentos deve objetivar a manutenção de um caixa positivo.

5.3.6 Riscos de segurança

1. Demora excessiva na avaliação da documentação de segurança, causando atraso na contratação de colaboradores

- Estratégia: mitigar;
- Área responsável: departamento pessoal;
- Comentários: o processo de contratação de colaboradores demora aproximadamente 15 dias e envolve as seguintes etapas:
 - Entrevistas e teste iniciais;
 - Processos de documentação;
 - Avaliação psicológica;
 - Exames admissionais (variáveis de acordo com cada função);

- Contratação;
- Integrações;
- Treinamentos e NRs;
- Avaliação e aprovação pela Contratante, segundo estabelecido em contrato, em até 3 dias.

Atrasos não previstos podem ocorrer por vários motivos, tais como: dificuldade em encontrar mão de obra qualificada, demora na realização dos exames médicos e psicológicos, entre outros. Portanto, recomenda-se a adoção da estratégia de mitigação deste risco através da elaboração de um plano de contratação de mão de obra. A finalidade deste plano é estabelecer as datas em que os funcionários (de acordo com suas funções) devem estar aptos a iniciar os trabalhos, para que a equipe de departamento pessoal possa programar corretamente a contratação e agendar treinamentos necessários. Outra medida é a contratação de uma psicóloga, com o intuito de evitar filas em clínicas particulares. Ademais, é importante garantir a regularização dos alojamentos para poder acomodar os novos funcionários.

2. Ocorrência de acidentes com pessoas alheias ao empreendimento, devido à proximidade da obra com comunidades vizinhas
 - Estratégia: transferir;
 - Área responsável: segurança;
 - Comentários: a obra está localizada a apenas 8 km de distância do centro do município de Varginha, e seu acesso principal se dá por uma via pública da região – esses fatores contribuem para o aumento do risco de acidentes com pessoas alheias ao empreendimento. Propõe-se assim a transferência desse risco por meio da contratação de um seguro.

5.3.7 Riscos de engenharia

1. Problemas relacionados à escavação do canal de fuga (projeto omissos neste ponto)
 - Estratégia: prevenir;
 - Área responsável: engenharia e qualidade;
 - Comentários: segundo o cronograma previsto, uma parte da escavação do canal de fuga será realizada juntamente à escavação do circuito hidráulico. A escavação remanescente será realizada posteriormente, na fase de ensecadeira. Sugere-se a prevenção do risco inerente ao projeto de escavação omissos, através do estudo das

condições geológicas do local e busca de orientação de consultores (geólogos).

5.4 CONTROLE E MONITORAMENTO DOS RISCOS

De acordo com uma breve análise das necessidades e limitantes da execução da obra da PCH Boa Vista 2, foram determinados os seguintes períodos de controle:

- Riscos críticos devem ser reavaliados mensalmente, reclassificando as categorias em conjunto com a equipe de produção;
- Todos os riscos devem ser reavaliados trimestralmente, reclassificando as categorias em conjunto com a equipe de gestão da obra.

5.5 HEURÍSTICAS

No decorrer da análise das respostas obtidas através dos questionários de Delphi, foi possível identificar alguns processos cognitivos.

Na primeira rodada, um dos especialistas havia superestimado as probabilidades de todos os itens de risco relacionados a paralisações e movimentos comunitários. Isso ocorreu em razão deste especialista estar trabalhando, a algum tempo, em obras de complexos eólicos no estado da Bahia – local onde essas manifestações são extremamente comuns. A estimativa das probabilidades ocorreu de acordo com exemplos facilmente encontrados na memória do especialista, caracterizando o uso da heurística de disponibilidade.

Outro participante superestimou as probabilidades de ocorrência de falha devido à qualidade da rocha. Ao ser questionado a respeito, foi afirmado que, apesar de não estar habituado a trabalhar com gnaisses, sempre ouviu comentários negativos de companheiros de empresa sobre problemas de fratura deste tipo de rocha, relacionados ao próprio processo de formação geológica (bandeamento). Essa estereotipagem é usualmente proveniente da heurística de representatividade. Salienta-se que, de acordo com ensaios preliminares, a rocha apresenta boa resistência mecânica e atende aos requisitos para produção de agregados.

Por fim, durante a segunda rodada, quando questionados a respeito das respostas divergentes da média geral, alguns especialistas alteraram

suas respostas baseando-se nos resultados apresentados. Muitos alegaram que essa alteração foi feita para os itens em que não tiveram convicção no momento do preenchimento da primeira rodada. Pode-se considerar assim, a interferência da heurística de ancoragem e ajustamento, já que as respostas foram alteradas para condizer com a média geral.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho alcançou o seu objetivo de identificar e avaliar os riscos de um empreendimento hidrelétrico.

De acordo com os objetivos propostos neste trabalho, os riscos inerentes à construção de uma Pequena Central Hidrelétrica foram identificados e classificados em categorias pré-definidas, através do uso de metodologias normatizadas. A lista consolidada apresentou 134 itens de risco divididos em 9 categorias.

Todos os itens encontrados foram avaliados em termos de probabilidade e impacto, caracterizando a etapa de análise qualitativa dos riscos. Assim, foi possível identificar os 20 riscos críticos (intoleráveis) do projeto.

Por conseguinte, foi elaborado um breve plano de resposta aos riscos críticos. Constatou-se que 50% dos riscos críticos pertencem à categoria de produção e operação, evidenciando a necessidade de alinhamento do plano com a equipe de campo. Dessa maneira, através da execução da metodologia indicada, pode-se afirmar que os objetivos específicos propostos inicialmente foram alcançados.

Conclui-se que riscos são inerentes a todos os empreendimentos, e sua compreensão e avaliação podem ser determinantes para o alcance do sucesso do projeto.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar a análise quantitativa dos riscos, com foco na estimativa de custo dos impactos, utilizando o método de Monte Carlo ou MDCA;
- Realizar o acompanhamento da obra da PCH Boa Vista 2 e analisar os riscos que se concretizaram e compará-los às previsões;
- Identificar e avaliar os impactos positivos (oportunidades) do projeto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 10006:2000**: Gestão da Qualidade – Diretrizes para a qualidade no gerenciamento de projetos. Rio de Janeiro:ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 31000:2009**: Gestão de riscos — Princípios e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 24 p.

ABRAPCH. **O que são PCHs e CGHs**. Disponível em: <http://www.abrapch.org.br/pchs/o-que-sao-pchs-e-cghs>. Acesso em 15 abr. 2017.

ANEEL. **BIG – Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em 01 jun. 2017.

(ANEEL), Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 637, de 04 de agosto de 2015. Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH. /n **Diário Oficial da União** /n, 02 de setembro de 2015, v. 152, n. 168, Seção 1, p. 79.

AZEVEDO, R. C. **Um modelo para gestão de risco na incorporação de imóveis usando metodologia multicritério para apoio à decisão - construtivista (MCDAC)**. UFSC: Florianópolis, 2013.

BAZERMAN, M. H.; MOORE, D. **Processo decisório**. 8ª ed. Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda, 2014.

BERNSTEIN, Peter L. **Desafio aos Deuses: A Fascinante História do Risco**. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 389p.

BRAGAGNOLO, A. **Definição da Estrutura Analítica de Projeto de uma Pequena Central Hidrelétrica – PCH**: Integrando investidor, projetista e construtora. UTFPR: Curitiba, 2012.

BUENO, F. S. **Grande Dicionário Etimológico – Prosódico da Língua Portuguesa**. Santos, São Paulo: Brasília Ltda, 1974. V.7.

CHAPMAN, R. J. **The effectiveness of working group risk identification and assessment techniques**. International Journal of Project Management, 1998.

DAMODARAN, Aswath. **Gestão Estratégica do Risco – Uma Referência Para a Tomada de Riscos Empresariais**. Porto Alegre, R.S.:Bookman & Wharton School Publishing, 2009.

DIKMEN, I.; BIRGONUL, M. T. **An analytic hierarchy process based model for risk and opportunity assessment of international construction projects**. Canadian Journal of Civil Engineering, 2006.

DINSMORE, P.C.; CAVALIERI, A. **Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos: livro-base de “preparação para certificação PMP® - Project Management Professional”**. 2ª ed. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2005.

ELETROBRÁS. **Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Eletrobrás, 2000.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Energia renovável – Hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. EPE, 2016.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A.. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2011.

FORTES, F. S. D. **Influência do gerenciamento de riscos no processo decisório: análise de casos**. USP: São Paulo, 2011.

HILLSON, D. **Extending the risk process to manage opportunities**. European Project Management Conference, London, 2001.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC/ISO 31010 “Risk Management – Risk Assessment Techniques”**. Genebra, 2009.

KELMAN, H. C. **Compliance, identification, and internalization: three processes of attitude change.** Journal of Conflict Resolution, 1958.

KERZNER, Harold. **Project Management: a systems approach to planning, scheduling and controlling.** 9ª ed. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2006.

LINDNER, F. A. **Análise de risco aplicada a pequenas centrais hidrelétricas.** UFSC: Florianópolis, 2008.

MACEDO, M. A. S.; OLIVEIRA, M. A.; ALYRIO, R. D.; ANDRADE, R. O. B. **Heurísticas e vieses de decisão: a racionalidade limitada no processo decisório.** Congresso Latino-Americano De Escolas De Administração (Cladea), Lima, 2003.

MAKARON, P. M. **Análise de viabilidade de projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas: pontos críticos de sucesso a partir de estudos de caso no estado de Santa Catarina.** 2012. 144f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa de Pós-Graduação em Energia – EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Manual de inventário hidroelétrico de bacias hidrográficas.** Brasília, 2007.

MORGAN, M.G.; HENRION, M. **Uncertainty, a guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis.** Cambridge, Cambridge University Press, 1990.

MYERS, D. G.; **Social Psychology.** 10ª ed. The McGraw-Hill, New York, 2010.

PLOUS, S. **The psychology of judgement and decision making.** McGraw-Hill: New York, 1993.

POLIZEL, L. H. **Metodologia de prospecção e avaliação de pré-viabilidade expedita de geração distribuída (GD): Caso eólico e hidráulico.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) –

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PRITCHARD, Carl L. **Risk Management: Concepts and Guidance**. 5ª ed. Boca Raton, CRC Press, 2015.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos – Guia PMBOK**. 5ª ed. Newtown Square: PMI, 2013.

RAFTERY, J. **Risk Analysis in Project Management**. Great Britain, E&FN Spon, 1994.

ROCHA, R. M. **Gerenciamento dos riscos – Uma abordagem de processos e práticas para aplicação junto às empreiteiras de obras públicas de infraestrutura urbana no município de São Paulo**. USP: São Paulo, 2005.

TONETTO, L. M.; KALIL, L. L.; MELO, W. V.; SCHNEIDER, D. G.; STEIN, L. M. **O papel das heurísticas no julgamento e na tomada de decisão sob incerteza**. Estudos de psicologia, 2006.

TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. **Judgement under uncertainty: heuristics and biases**. Science, 1974.

VERGILIO, K.E.P. **Geração distribuída e pequenas centrais hidrelétricas: alternativas para geração de energia elétrica no Brasil**. 2012. 32p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica com Ênfase em Sistemas de Energia e Automação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

WIDEMAN, R. Max (editor). **Project and program risk management: a guide to managing project risks and opportunities**. Newtown Square: PMI, 1992.

WOUDENBERG, F. **An evaluation of Delphi**. Technological Forecasting and Social Change, 1991.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. **Delphi – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo.** Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, 2000.

APÊNDICE A – Carta explicativa – entrevista

CARTA EXPLICATIVA 00

OBJETIVO

O objetivo desta etapa do trabalho é obter uma lista de riscos críticos da PCH em estudo.

Para tanto, serão listados todos os riscos possíveis da obra, e, posteriormente, cada item será avaliado nos parâmetros de probabilidade e criticidade. Esse processo tornará possível a construção da matriz de riscos da obra, caracterizando a parte qualitativa do Trabalho de Conclusão de Curso.

METODOLOGIAS

A metodologia a ser empregada nesta etapa é a Entrevista Semiestruturada – altamente indicada para o estudo, segundo da norma IEC/ISO 31010:2009 – Risk Management.

Entrevistas são utilizadas para coletar diferentes tipos de informações. As entrevistas semi-estruturadas são usualmente guiadas através de perguntas pré-determinadas, que estimulam o entrevistado a enxergar situações sob perspectivas diferentes. É um método que permite maior liberdade nas respostas, e é bastante empregado com a finalidade de identificar riscos.

A finalidade da entrevista será exatamente identificar a maior quantidade possível de riscos da obra em estudo. Esses itens de risco serão posteriormente organizados para a etapa seguinte.

AGRADECIMENTO

Esta etapa é fundamental para a realização de uma análise qualitativa de riscos – um dos principais objetivos do Trabalho de Conclusão de Curso. Sendo assim, a coordenação gostaria de, desde já, agradecer a todos os especialistas pela disponibilidade de tempo e dedicação a este trabalho.

APÊNDICE B – Questionário – entrevista

QUESTIONÁRIO 00

OBJETIVO

Este questionário tem como objetivo elencar o maior número de itens de risco da PCH Boa Vista 2.

DEFINIÇÃO

Para Bernstein (1997), a palavra risco é derivada do italiano antigo *risicare*, cujo significado é “ousar”. Já Bueno (1974) afirma que esta palavra é derivada de *rhiza*, da linguagem dos navegantes, cujo significado é de borda de penhascos e recifes (que apresentavam grande perigo). Segundo Damodaran (2009), é importante considerar uma definição que possa abranger, simultaneamente, os aspectos positivos e negativos do risco – dualidade bem representada pelo ideograma chinês do termo, que é uma combinação de “perigo” e “oportunidades”.

Para este trabalho, serão considerados apenas os riscos negativos – ou seja, aqueles que oferecem ameaças ao andamento do projeto.

Exemplos de eventos de risco:

- Geológico: Qualidade da rocha insuficiente para aterros
- Engenharia: Projetos imprecisos
- Sócio-político: Greves e paralisações

INSTRUÇÕES:

Este questionário deve ser preenchido com todos os riscos que possam ocorrer durante a execução da obra da PCH Boa Vista 2, conforme categorias descritas. O objetivo é abranger todos os itens possíveis, que serão posteriormente compilados e organizados para a elaboração do segundo questionário.

Todos os projetos e especificações serão fornecidos através do link: <https://seta.amplissoftware.com.br/client/publiclink.aspx?id=iXZq3RCA>
PF

O especialista pode ainda solicitar outros documentos que julgar necessários.

Não é necessário preencher todas as categorias caso o especialista não se sinta confortável em preencher itens fora de sua expertise – contudo, pede-se atenção e prioridade às áreas de sua atuação.

1. Quais são os riscos geológicos e geotécnicos?
2. Quais são os riscos hidrológicos?
3. Quais são os riscos de materiais?
4. Quais são os riscos de interface?
5. Quais são os riscos de contrato?
6. Quais são os riscos socioambientais?
7. Quais são os riscos de produção e operacionais?
8. Quais são os riscos de segurança e meio ambiente?
9. Quais são os riscos de engenharia?

O prazo para envio desde questionário respondido é 06/03/17.

APÊNDICE C – Carta explicativa 01 – Delphi

CARTA EXPLICATIVA 01

OBJETIVO

O objetivo desta etapa do trabalho é obter uma lista de riscos críticos da PCH em estudo.

Para tanto, cada item será avaliado nos parâmetros de probabilidade e impacto. Esse processo tornará possível a construção da matriz de riscos da obra, caracterizando a parte qualitativa do Trabalho de Conclusão de Curso.

METODOLOGIA

A metodologia a ser empregada é o Método de Delphi – altamente indicado para o estudo segundo da norma IEC/ISO 31010:2009 – Risk Management.

A técnica Delphi busca, em linhas gerais, o consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros. A técnica se baseia, assim, no uso estruturado de conhecimento, experiência e criatividade de especialistas, pressupondo-se que o pensamento coletivo (quando organizado corretamente) é melhor que a opinião do indivíduo.

Para tanto, devem ser satisfeitas 3 condições:

- Anonimato dos respondentes (exclui influência de fatores psicológicos e eurísticos);
- Representação estatística dos resultados;
- Feedback das respostas para reavaliação em rodadas subsequentes (busca do consenso).

Assim, o método de Delphi se mostra especialmente recomendável quando não se dispõe de dados quantitativos, ou quando estes não podem ser projetados com segurança devido a singularidades de projeto, como ocorre no caso de gestão de riscos das PCHs.

Conceitualmente, o método consiste em um questionário iterativo. Neste trabalho, a previsão é que de 2 a 3 rodadas sejam realizadas: para cada rodada, haverá uma breve carta de instruções e um prazo para entrega. Em linhas gerais, os questionários serão a base para a análise

qualitativa dos riscos, possibilitando identificar os riscos críticos da obra em questão. Para eventuais perguntas ou problemas, pede-se contato direto via e-mail.

Salienta-se que a questão do anonimato é fundamental para a realização do método de Delphi. Sendo assim, qualquer tipo de comunicação (tais como eventuais defesas de pontos de vistas) deve ser repassado diretamente à coordenação da pesquisa. A coordenação se responsabilizará a fornecer o material a todos os envolvidos.

INSTRUÇÕES

O arquivo apresentado em anexo contém 9 categorias de risco (divididas nas abas da planilha em excel), sendo estas:

1. Geológico e Geotécnico;
2. Hidrológico;
3. Materiais;
4. Interface;
5. Contrato;
6. Socioambiental e Sociopolítico;
7. Produção e Operação;
8. Segurança e Meio Ambiente;
9. Engenharia

Para cada item de risco descrito nas categorias descritas, deverão ser atribuídas notas para probabilidade e para impacto. Essa ponderação deverá ser baseada em experiências e conhecimentos de cada especialista, e deverá ser aplicada diretamente à obra em questão, cujos projetos podem ser consultados através do link: <https://seta.amplisoftware.com.br/client/publiclink.aspx?id=V2kBIngiFE>

Não é necessário preencher todas as categorias caso o especialista não se sinta confortável em preencher itens fora de sua expertise – contudo, pede-se atenção e prioridade às áreas de sua atuação.

Probabilidade

Nota	Descrição da probabilidade	Valor aproximado
1	Muito improvável	< 10%
2	Improvável	10 a 30%
3	Possível	30 a 50%
4	Provável	50 a 80%
5	Muito provável	>80%

Impacto

Nota	Descrição do impacto	Valor aproximado (em relação ao resultado)
1	Baixíssimo	< 10%
2	Baixo	10 a 30%
3	Moderado	30 a 80%
4	Alto	80 a 100%
5	Altíssimo	> 100%

AGRADECIMENTO

Esta etapa é fundamental para a realização de uma análise qualitativa de riscos – um dos principais objetivos do Trabalho de Conclusão de Curso. Sendo assim, a coordenação gostaria de, desde já, agradecer a todos os especialistas pela disponibilidade de tempo e dedicação a este trabalho.

O prazo para envio do questionário respondido é 05/05/17.

APÊNDICE D – Questionário 01 – Delphi

RISCOS GEOLÓGICOS / GEOTÉCNICOS		Probab.	Impacto	Coef. Risco
1	Sondagens não representativas e/ou insuficientes para caracterização do empreendimento			0
2	Fundação da casa de força e do vertedouro sem as características mínimas para implantação			0
3	Fundação da barragem sem as características mínimas para a sua implantação			0
4	Septo do canal de fuga com material excessivamente permeável			0
5	Fundação da bacia do vertedouro com material excessivamente frágil			0
6	Excesso de overbreak, devido à qualidade da rocha			0
7	Necessidade de execução de um número excessivo de furos de pré fissuração, para garantir a qualidade da escavação			0
8	Topo rochoso diferente do projetado, causando necessidade de retaludamento nos taludes em solo das estruturas definitivas, ou, escavação excessiva			0
9	Quantidades de perfurações e injeções superiores às estimadas em projeto e/ou substrato excessivamente permeável, provocando excesso de consumo de cimento durante as injeções obrigatórias das cortinas de injeção, além de atraso na execução destas atividades e das subsequentes			0

10	Excesso de tratamento nos taludes laterais das estruturas obrigatórias, causando atraso no início dos trabalhos em concreto			0
11	Perda de água do reservatório devido a condições geológicas inadequadas não identificadas durante a fase de projeto e construção			0
12	Espessura de camada superficial de solo a ser removida para assentamento da barragem superior ao previsto, acarretando em maiores volumes de remoção e aterro			0
13	Ocorrência de canalículos na fundação das margens e abertura de trincheiras, gerando impacto nos volumes de escavação/aterro e cronograma			0
14	Variação do topo de rocha em decorrência da alternância de faixas mais resistentes com menos resistentes, decorrente do bandeamento dos gnaisses (variações ao longo de poucos metros), resultando em maiores volumes de escavações e preenchimentos (solo e concreto)			0
15	Ocorrência de juntas de alívio nas ombreiras e no leito do rio, afetando a fundação da barragem			0
16	Variações laterais significativas nos parâmetros de resistência e permeabilidade, em função do bandeamento das camadas de gnaiss			0
17	Erosões regressivas a jusante do vertedouro, gerando interferências nas estruturas próximas (base do muro esquerdo e calha de concreto)			0
18	Ocorrência de falhas geológicas			0
19	Instabilidade nos cortes e aterros durante sua execução			0

20	Erosão das ensecadeiras longitudinais			0
21	Infiltrações excessivas sob a barragem e erosão regressiva (piping) no corpo do maciço de terra (fase de operação)			0
22	Ocorrência de subpressões elevadas			0
23	Erosão do enrocamento de pé			0
24	Escorregamento de taludes no reservatório			0
25	Atividade sísmica induzida pelo enchimento do reservatório			0

RISCOS HIDROLÓGICOS		Probab.	Impacto	Coef. Risco
1	Excesso de chuvas durante a etapa de execução das obras de terra da barragem			0
2	Excesso de chuvas durante a etapa de execução das ensecadeiras da obra			0
3	Chuvas extraordinárias acima da cota TR projetada durante a execução da ensecadeira de primeira etapa			0
4	Chuva extraordinária acima da TR dimensionada para desvio com vertedouro rebaixado			0
5	Chuva extraordinária fora da janela hidrológica			0
6	Dados hidrológicos desatualizados ou incorretos			0
7	Ocorrência de picos de vazões superiores aos considerados no dimensionamento do sistema de desvio do rio e demais dispositivos de proteção			0
8	Insuficiência de vazões afluentes durante a fase de enchimento do reservatório			0

RISCOS DE MATERIAIS		Probab.	Impacto	Coef. Risco
1	Escassez de materiais que atendam às especificações para a produção de materiais de concreto (agregados)e /ou balanço de materiais deficitário, onerando demasiadamente a solução para o fornecimento de rocha e areia para a execução do concreto			0
2	Escassez de materiais naturais tanto por indisponibilidade de volume quanto por indisponibilidade técnica (atendimento às especificações) para execução dos aterros compactados			0
3	Agregado excessivamente reativo, exigindo o uso de adições (metacaulim, microsilica, etc)			0
4	Agregado sem resistência a abrasão, inviabilizando o seu uso no concreto			0
5	Rocha excessivamente alterável (falha no ensaio de ciclagem), inviabilizando o seu uso como enrocamento			0
6	Excesso de demanda de cimento na região, provocando atrasos na entrega de material			0
7	Areia disponível com faixa granulométrica fora da especificada para os filtros da barragem			0
8	Falta de disponibilidade de transportadoras de cimento			0
9	Falta de disponibilidade no fornecimento de cimento pela fábrica (demanda concorrente durante a concretagem da obra)			0
10	Atraso no envio do aço para as estruturas			0
11	Incapacidade de encontrar jazida de areia licenciada na DMT máxima do orçamento			0

RISCOS DE INTERFACE		Probab.	Impacto	Coef. Risco
1	Incompatibilidade de projeto civil com eletromecânico			0
2	Atraso na execução das obras civis causando atrasos ou paralisações na montagem eletromecânica: guias de comportas das estruturas, liberação do piso das máquinas, etc			0
3	Problemas de atrasos de outros fornecedores da Contratante			0
4	Interface de responsabilidades e obrigações entre as demais contratadas, com demora na definição das mesmas			0
5	Paralelismo de atividades, causando ociosidade nas obras civis, por questões relacionadas ao uso seguro das áreas			0
6	Limitações no uso do dispositivo de içamento, por demanda concorrente com a montagem (ponte rolante)			0
7	Atrasos na execução das estruturas em função de alterações de projetos provocadas por condições executivas			0
8	Atividades inicialmente predecessoras uma das outras, que não são caminho crítico, tornarem restrição para o andamento do cronograma, se tornando caminho crítico, pelo atraso de outras (ex: montagem das estruturas metálicas e cobertura da casa de força versus término das galerias elétrica/mecânica)			0

RISCOS DE CONTRATO		Probab.	Impacto	Coef. Risco
1	Eventos de força maior ou caso fortuito recorrentes, que causem prejuízo excessivo à Contratada			0
2	% relativo ao limite de responsabilidade do contrato			0
3	Escopo mal detalhado que pode causar dúvidas durante a execução			0
4	Falha ao identificar a integralidade do escopo, causando sobrepostos para a sua execução em período extemporâneo			0
5	Incremento do custo de insumos ou materiais importantes, sem que haja previsão contratual para seu reajuste			0
6	Interpretação dúbia de critérios e requisitos contratuais			0
7	Escopo de projeto executivo não compatível com o cronograma contratual			0
8	Pouco ou nenhum detalhamento quanto à divisão e limitação da responsabilidade dos custos provenientes dos riscos geotécnicos			0
9	Mudança de legislação após a assinatura do contrato			0

RISCOS SOCIOAMBIENTAIS E SOCIOPOLÍTICOS		Probab.	Impacto	Coef. Risco
1	Bloqueio dos acessos de obra em função de movimentos comunitários			0
2	Problemas sociais decorrentes dos critérios para contratação de mão de obra local			0

3	Excesso de exposição da obra na mídia, facilitando a organização de movimentos contrários à execução da obra, causando inúmeros eventos de paralisação das atividades			0
4	Problemas com comunidades vizinhas que poderão paralisar as obras			0
5	Sindicatos locais apresentando condições excessivamente onerosas à Contratada			0
6	Sindicato alinhado com movimentos socioambientais, facilitando movimentos de paralisação e protestos contra o empreendimento			0
7	Problemas com proprietários do entorno			0
8	Demandas vizinhas com relação a supostos estragos provocados pelos trabalhos de escavação em rocha a céu aberto			0
9	Paralisações da comunidade em função dos trabalhos de escavação em rocha a céu aberto			0
10	Acesso não autorizado de pessoas na região das estruturas, provocando depredações ou acidentes			0
11	Acesso de animais nas áreas internas da obra, causando paradas e/ou acidentes, além de pedidos de indenização			0
12	Canteiro de obras e localização da usina muito próximo a um centro urbano			0
13	Prefeitura local e sindicatos exigirem contratações e benefícios aos trabalhadores da obra não previstos em contrato			0

14	Localidade não possuir mínimo de infraestrutura para contratação local, deslocamentos, habitação e comércio de pequenas necessidades			0
15	Dificuldade na obtenção de permissões, autorizações e licenças			0

RISCOS DE PRODUÇÃO E OPERACIONAIS		Probab.	Impacto	Coef. Risco
1	Atraso no reabastecimento do tanque de diesel da obra, provocando parada de máquinas			0
2	Dificuldade para encontrar mão de obra local produtiva, onerando o contrato			0
3	Alta taxa de turnover			0
4	Equipamentos exigindo excessiva manutenção corretiva, causando improdutividade			0
5	Equipamentos subdimensionados e equipamentos superdimensionados aumentando custos da obra			0
6	Equipe subdimensionada ou superdimensionada, ou com pouca capacidade técnica para execução dos serviços, aumentando o tempo previsto de execução			0
7	Falta de treinamento e capacitação técnica, reduzindo a qualidade e eficiência na prestação de serviços (principalmente motoristas e operadores)			0
8	Atraso na ligação de energia trifásica na obra, causando custos no fornecimento de energia elétrica (com geradores e diesel)			0

9	Atraso na montagem e operação da central de britagem, provocando a falta de agregados para o concreto			0
10	Atraso na montagem da central de concreto			0
11	Necessidade de incrementar a equipe indireta, devido a demandas excessivas do cliente			0
12	Falhas de terceiros contratados para executar serviços que fazem parte do negócio principal do Construtor			0
13	Atraso na liberação de licença de explosivo, postergando o início da escavação em rocha			0
14	Problemas no tratamento de juntas de concretagem, provocando excesso de infiltrações na parte interna das estruturas, exigindo injeção de poliuretano em quantidades excessivas			0
15	Problemas na correta implantação das melhorias do acesso, no período ideal, causando interferências no trânsito local e problemas no fornecimento de materiais e acesso da mão de obra			0
16	Construtor não ter recursos próprios para suprir deficiências de terceiros			0
17	Atraso no início de concretagem das ogivas do vertedouro			0
18	Execução de cortes com taludes provisórios íngremes de escavação das estrutura			0
19	Maciço da BENA com compactação mal feita ou mal controlada			0
20	Dificuldades de fechamento do rio na fase de desvio (velocidades muito elevadas)			0
21	Falha sistêmica no sistema de produção			0

22	Gerenciamento inadequados das equipes e dos equipamentos para que tenham maior produtividade no campo			0
23	Mal uso dos recursos e materiais e/ou almoxarifado sem controle adequado, aumentando desperdício			0
24	Atraso nas compras e fornecimentos			0
25	Horas extras e irregularidades de jornada de trabalho não previstas			0
26	Atraso na entrega de materiais e equipamentos por parte do fornecedor			0
27	Problemas de fluxo de caixa			0
28	Reajuste excessivo no preço de insumos			0
29	% de equipamentos próprios inferior ao planejado			0

RISCOS DE SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE		Probab.	Impacto	Coef. Risco
1	Excessiva quantidade de paralisações por supostas condições inseguras			0
2	Excessiva quantidade de auditorias, causando perda de produtividade			0
3	Excessiva quantidade de treinamentos e diálogos de segurança, causando perda de produtividades			0
4	Demora excessiva na avaliação da documentação de segurança, causando atraso na contratação de colaboradores			0

5	Critérios excessivamente rígidos na inspeção de equipamentos, para liberação para uso em obra			0
6	Paralisação de atividades em função do lançamento de resíduos (poeira da central de britagem ou perfuração de rocha para detonação)			0
7	Restrições para o uso de equipamentos de içamento para trabalhos em altura			0
8	Intervenções da Contratante em função da quantidade de incidentes, condições inseguras ou acidentes, causando atrasos e a necessidade de custo para incremento da equipa prevista de QSMS			0
9	Custos para cumprimentos de requisitos de segurança e meio ambiente mal dimensionados			0
10	Nível de experiência inicialmente aceita pela contratante da equipe de QSMS da contratada ser insuficiente para execução dos requisitos da contratante			0
11	PRAD se provar inadequado após sua execução, ficando passivo ambiental como pendência para obtenção da LO			0
12	Ocorrência de acidentes com pessoas alheias ao empreendimento, devido à proximidade da obra com comunidades vizinhas			0
13	Desconhecimento das legislações locais e posse das autorizações pertinentes para desenvolvimento dos trabalhos adequados e conforme a lei			0
14	Ocorrência de danos ambientais com pagamento de multa			0

RISCOS DE ENGENHARIA		Probab.	Impacto	Coef. Risco
1	Projeto mal estudado, com poucos detalhes ou informações imprecisas			0
2	Atraso na entrega, revisão e aprovação dos projetos para organização da obra, permitindo trabalho com revisões obsoletas			0
3	Projeto executivo com muitos erros de interface entre civil, elétrica e mecânica (compatibilização)			0
4	Modificações intempestivas nos projetos executivos			0
5	Descontrole das alterações de projetos realizadas em obra para compor as built e passar a demais projetistas para compatibilizações entre demais projetos			0
6	Falta de comunicação entre projetistas e engenheiros de produção para ajustar e conhecer as interferências e dificuldades executivas			0
7	Impossibilidade de utilização da ilha de jusante para redução de volumes da enscadeira, onerando sua execução			0
8	Problemas relacionados à escavação do canal de fuga (projeto omissso neste ponto)			0
9	Problemas associados ao septo do canal de fuga (projeto também omissso neste ponto)			0
10	Problemas na interface entre o abraço da barragem e as estruturas de concreto devido a problemas na compactação da argila			0

11	Curva chave pode estar mal calculada ou calibrada para o braço esquerdo do rio, no trecho da ilha de jusante, podendo levar ao dimensionamento equivocado de uma ensecadeira de proteção das estruturas de jusante			0
12	Má avaliação das condições de cheias extremas, causando o sub dimensionamento da ensecadeira de primeira fase			0
13	Má avaliação das vazões, causando distorções nos critérios usados para a condição de desvio do Rio, na segunda fase, para implantação da Barragem, podendo causa o galgamento da estrutura de enrocamento			0
14	Alto potencial variação de quantidades nas obras civis no projeto executivo			0
15	Dimensionamento incorreto das quantidades de projeto (listas de materiais) gerando desvios de orçamento			0

APÊNDICE E – Carta explicativa 02 – Delphi

CARTA EXPLICATIVA 02

OBJETIVO

O objetivo desta etapa do trabalho é obter uma lista de riscos críticos da PCH em estudo.

Para tanto, cada item será avaliado nos parâmetros de probabilidade e impacto. Esse processo tornará possível a construção da matriz de riscos da obra, caracterizando a parte qualitativa do Trabalho de Conclusão de Curso.

METODOLOGIA

A metodologia a ser empregada é o Método de Delphi – altamente indicado para o estudo segundo da norma IEC/ISO 31010:2009 – Risk Management.

A técnica Delphi busca, em linhas gerais, o consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros. A técnica se baseia, assim, no uso estruturado de conhecimento, experiência e criatividade de especialistas, pressupondo-se que o pensamento coletivo (quando organizado corretamente) é melhor que a opinião do indivíduo.

Para tanto, devem ser satisfeitas 3 condições:

- Anonimato dos respondentes (exclui influência de fatores psicológicos e eurísticos);
- Representação estatística dos resultados;
- Feedback das respostas para reavaliação em rodadas subsequentes (busca do consenso).

Assim, o método de Delphi se mostra especialmente recomendável quando não se dispõe de dados quantitativos, ou quando estes não podem ser projetados com segurança devido a singularidades de projeto, como ocorre no caso de gestão de riscos das PCHs.

Conceitualmente, o método consiste em um questionário iterativo. Neste trabalho, a previsão é que de 2 a 3 rodadas sejam realizadas: para cada rodada, haverá uma breve carta de instruções e um prazo para entrega. Em linhas gerais, os questionários serão a base para a análise

qualitativa dos riscos, possibilitando identificar os riscos críticos da obra em questão. Para eventuais perguntas ou problemas, pede-se contato direto via e-mail.

Salienta-se que a questão do anonimato é fundamental para a realização do método de Delphi. Sendo assim, qualquer tipo de comunicação (tais como eventuais defesas de pontos de vistas) deve ser repassado diretamente à coordenação da pesquisa. A coordenação se responsabilizará a fornecer o material a todos os envolvidos.

INSTRUÇÕES

Seguindo o método de Delphi, o arquivo apresentado em anexo contém uma compilação de todas as respostas recebidas, novamente divididas nas seguintes categorias:

1. Geológico e Geotécnico;
2. Hidrológico;
3. Materiais;
4. Interface;
5. Contrato;
6. Socioambiental e Sociopolítico;
7. Produção e Operação;
8. Segurança e Meio Ambiente;
9. Engenharia

Assim, pede-se que cada especialista avalie a variação de suas respostas em relação aos outros. O especialista poderá alterar suas respostas, caso julgue apropriado. Pede-se, ainda, que todos os itens destacados em vermelho e eventuais alterações sejam justificados. Essa justificativa é fundamental para a explicação do risco e determinação do plano de ação.

Probabilidade

Nota	Descrição da probabilidade	Valor aproximado
1	Muito improvável	<10%
2	Improvável	10 a 30%
3	Possível	30 a 50%
4	Provável	50 a 80%
5	Muito provável	>80%

Impacto

Nota	Descrição do impacto	Valor aproximado (em relação ao resultado)
1	Baixíssimo	< 10%
2	Baixo	10 a 30%
3	Moderado	30 a 80%
4	Alto	80 a 100%
5	Altíssimo	> 100%

AGRADECIMENTO

Esta etapa é fundamental para a realização de uma análise qualitativa de riscos – um dos principais objetivos do Trabalho de Conclusão de Curso. Sendo assim, a coordenação gostaria de, desde já, agradecer a todos os especialistas pela disponibilidade de tempo e dedicação a este trabalho.

O prazo para envio do questionário respondido é 24/05/17.

APÊNDICE F – Questionário 02 – Delphi

		Sua resposta	Demais respostas					Sua resposta	Demais respostas					Justificativa
RISCOS GEOLÓGICOS / GEOTÉCNICOS		Probab.	Probab.					Impacto	Impacto					*Justificar todos os itens em vermelho
1	Sondagens não representativas e/ou insuficientes para caracterização do empreendimento		2	3	3	3	5		2	2	3	4	4	
2	Fundação da casa de força e do vertedouro sem as características mínimas para implantação		2	2	2	3	3		3	3	3	4	5	
3	Fundação da barragem sem as características mínimas para a sua implantação		1	2	3	3	3		1	3	3	4	5	
4	Septo do canal de fuga com material excessivamente permeável		2	2	2	2	3		1	2	4	4	4	
5	Fundação da bacia do vertedouro com material excessivamente frágil		1	2	3	3	3		2	3	4	5	5	
6	Excesso de overbreak, devido à qualidade da rocha		2	2	3	3	4		2	2	4	4	4	

7	Necessidade de execução de um número excessivo de furos de pré fissuração, para garantir a qualidade da escavação		2	2	3	3	5		1	1	3	3	5	
8	Topo rochoso diferente do projetado, causando necessidade de retaludamento nos taludes em solo das estruturas definitivas, ou, escavação excessiva		2	3	3	3	4		2	3	3	3	4	
9	Quantidades de perfurações e injeções superiores às estimadas em projeto e/ou substrato excessivamente permeável, provocando excesso de consumo de cimento durante as injeções obrigatórias das cortinas de injeção, além de atraso na execução destas atividades e das subsequentes		1	3	3	4	4		1	1	3	3	3	
10	Excesso de tratamento nos taludes laterais das estruturas obrigatórias, causando atraso no início dos trabalhos em concreto		2	3	3	3	4		1	2	3	3	4	
11	Perda de água do reservatório devido a condições geológicas inadequadas não identificadas durante a fase de projeto e construção		1	1	2	2	3		1	3	4	4	5	

12	Espessura de camada superficial de solo a ser removida para assentamento da barragem superior ao previsto, acarretando em maiores volumes de remoção e aterro		2	2	3	3	3		2	2	3	4	4	
13	Ocorrência de canalículos na fundação das margens e abertura de trincheiras, gerando impacto nos volumes de escavação/aterro e cronograma		1	2	3	3			1	3	3	4		
14	Variação do topo de rocha em decorrência da alternância de faixas mais resistentes com menos resistentes, decorrente do bandejamento dos gnaisses (variações ao longo de poucos metros), resultando em maiores volumes de escavações e preenchimentos (solo e concreto)		2	3	5				1	2	2			
15	Ocorrência de juntas de alívio nas ombreiras e no leito do rio, afetando a fundação da barragem		2	2	2				2	3	4			
16	Variações laterais significativas nos parâmetros de resistência e permeabilidade, em função do bandejamento das camadas de gnaiss		3	3					2	3				

17	Erosões regressivas a jusante do vertedouro, gerando interferências nas estruturas próximas (base do muro esquerdo e calha de concreto)		2	3	3	4									
18	Ocorrência de falhas geológicas		2	2	3	3				1	3	4	5		
19	Instabilidade nos cortes e aterros durante sua execução		1	2	3	3	3			1	2	3	4	4	
20	Erosão das enseadeiras longitudinais		2	3	3	3	3			1	1	3	4	4	
21	Infiltrações excessivas sob a barragem e erosão regressiva (piping) no corpo do maciço de terra (fase de operação)		1	2	2	2				2	3	5	5		
22	Ocorrência de subpressões elevadas		2	2	3	3				1	2	3	3		
23	Erosão do enrocamento de pé		1	1	3	3				1	4	4	5		
24	Escorregamento de taludes no reservatório		1	2	3	3				1	2	3	4		
25	Atividade sísmica induzida pelo enchimento do reservatório		1	1	3	3				3	3	4	4		

		Sua resposta	Demais respostas								Sua resposta	Demais respostas								Justificativa
RISCOS HIDROLÓGICOS		Probab.	Probab.								Impacto	Impacto								*Justificar todos os itens em vermelho
1	Excesso de chuvas durante a etapa de execução das obras de terra da barragem		2	2	3	3	3	3	4	4		2	3	3	4	4	4	4	5	
2	Excesso de chuvas durante a etapa de execução das ensecadeiras da obra		2	2	3	3	3	3	3	4		2	2	2	3	3	4	4	4	
3	Chuvas extraordinárias acima da cota TR projetada durante a execução da ensecadeira de primeira etapa		1	1	1	2	3	3	3	3		2	2	2	4	4	4	4	5	
4	Chuva extraordinária acima da TR dimensionada para desvio com vertedouro rebaixado		1	1	2	2	3	3	3	3		2	2	3	3	4	4	4	5	
5	Chuva extraordinária fora da janela hidrológica		1	1	2	2	2	3	3	3		2	2	3	4	4	4	5	5	

6	Dados hidrológicos desatualizados ou incorretos		1	1	2	2	2	2	2	3								
7	Ocorrência de picos de vazões superiores aos considerados no dimensionamento do sistema de desvio do rio e demais dispositivos de proteção		1	1	2	2	2	3	3	3								
8	Insuficiência de vazões afluentes durante a fase de enchimento do reservatório		1	1	2	3	3	3	3	3								

		Sua resposta	Demais respostas							Sua resposta	Demais respostas							Justificativa
RISCOS DE MATERIAIS		Probab.	Probab.							Impacto	Impacto							*Justificar todos os itens em vermelho
1	Escassez de materiais que atendam às especificações para a produção de materiais de concreto (agregados)e /ou balanço de materiais deficitário, onerando demasiadamente a solução para o fornecimento de rocha e areia para a execução do concreto		1	2	3	3	4	4	5		1	2	3	4	4	4	5	
2	Escassez de materiais naturais tanto por indisponibilidade de volume quanto por indisponibilidade técnica (atendimento às especificações) para execução dos aterros compactados		1	2	2	2	3	3	5		1	2	3	3	4	4	5	

3	Agregado excessivamente reativo, exigindo o uso de adições (metacaulim, microsilica, etc)		1	1	2	2	2	2	3		1	2	3	3	4	4	5	
4	Agregado sem resistência a abrasão, inviabilizando o seu uso no concreto		1	1	1	2	2	2	2		1	3	3	3	4	5	5	
5	Rocha excessivamente alterável (falha no ensaio de ciclagem), inviabilizando o seu uso como enrocamento		2	2	2	2	3	3	3		3	3	3	3	3	3	5	
6	Excesso de demanda de cimento na região, provocando atrasos na entrega de material		1	1	1	1	1	3	3		2	2	3	4	4	4	5	
7	Areia disponível com faixa granulométrica fora da especificada para os filtros da barragem		2	2	2	3	3	3	3		2	3	3	4	4	4	5	
8	Falta de disponibilidade de transportadoras de cimento		1	1	1	1	2	2	3		1	2	2	4	4	4	4	
9	Falta de disponibilidade no fornecimento de cimento pela fábrica (demanda concorrente durante a concretagem da obra)		1	1	1	2	2	2	3		2	2	2	3	4	5	5	

10	Atraso no envio do aço para as estruturas		1	1	2	2	3	3	3		1	2	3	4	4	5	5	
11	Incapacidade de encontrar jazida de areia licenciada na DMT máxima do orçamento		2	2	2	3	3	3	5		2	3	4	4	4	4	5	

		Sua resposta	Demais respostas								Sua resposta	Demais respostas								Justificativa
RISCOS DE INTERFACE		Probab.	Probab.								Impacto	Impacto								*Justificar todos os itens em vermelho
1	Incompatibilidade de projeto civil com eletromecânico		2	2	2	3	3	3	4	5		2	2	2	3	3	4	4	4	
2	Atraso na execução das obras civis causando atrasos ou paralisações na montagem eletromecânica: guias de comportas das estruturas, liberação do piso das máquinas, etc		2	2	3	3	3	3	3	3		2	3	3	4	4	4	5	5	
3	Problemas de atrasos de outros fornecedores da Contratante		3	3	3	3	3	3	3	3		2	2	3	3	3	3	4	4	

4	Interface de responsabilidades e obrigações entre as demais contratadas, com demora na definição das mesmas		3	3	3	3	3	3	4	5		2	2	3	3	3	4	4	4	
5	Paralelismo de atividades, causando ociosidade nas obras civis, por questões relacionadas ao uso seguro das áreas		3	3	3	3	3	3	4	5		1	2	2	2	3	3	3	4	
6	Limitações no uso do dispositivo de içamento, por demanda concorrente com a montagem (ponte rolante)		2	3	3	3	3	4	4	4		1	2	2	2	2	3	3	4	
7	Atrasos na execução das estruturas em função de alterações de projetos provocadas por condições executivas		1	2	2	3	3	3	3	4		2	2	2	3	3	4	4	4	

8	Atividades inicialmente predecessoras uma das outras, que não são caminho crítico, tornarem restrição para o andamento do cronograma, se tornando caminho crítico, pelo atraso de outras (ex: montagem das estruturas metálicas e cobertura da casa de força versus término das galerias elétrica/mecânica)																		
		2	3	3	3	3	3	4	4					1	2	2	3	3	4

		Sua resposta	Demais respostas									Sua resposta	Demais respostas								Justificativa
RISCOS DE CONTRATO		Probab.	Probab.									Impacto	Impacto								*Justificar todos os itens em vermelho
1	Eventos de força maior ou caso fortuito recorrentes, que causem prejuízo excessivo à Contratada		1	1	2	2	2	3	3	3			2	3	3	3	4	4	4	5	
2	% relativo ao limite de responsabilidade do contrato		2	2	2	2	2	3	4				1	2	3	3	3	4	4		

8	Pouco ou nenhum detalhamento quanto à divisão e limitação da responsabilidade dos custos provenientes dos riscos geotécnicos		1	2	2	3	3	3	3			2	2	3	3	3	3	5		
9	Mudança de legislação após a assinatura do contrato		1	2	2	3	3	3	5			1	1	2	2	2	3	5		

		Sua resposta	Demais respostas								Sua resposta	Demais respostas								Justificativa
RISCOS SOCIOAMBIENTAIS E SOCIOPOLÍTICOS		Probab.	Probab.								Impacto	Impacto								*Justificar todos os itens em vermelho
1	Bloqueio dos acessos de obra em função de movimentos comunitários		2	2	3	4	4	4	4			2	2	2	3	3	4	5		
2	Problemas sociais decorrentes dos critérios para contratação de mão de obra local		2	2	2	3	3	3	4			2	2	2	3	3	3	4		

3	Excesso de exposição da obra na mídia, facilitando a organização de movimentos contrários à execução da obra, causando inúmeros eventos de paralisação das atividades		2	3	3	3	4	4	4		1	2	2	3	3	3	4	
4	Problemas com comunidades vizinhas que poderão paralisar as obras		3	3	3	3	3	4	4		2	2	3	3	3	4	5	
5	Sindicatos locais apresentando condições excessivamente onerosas à Contratada		2	2	2	2	3	3	3		2	2	2	3	3	4	4	
6	Sindicato alinhado com movimentos socioambientais, facilitando movimentos de paralisação e protestos contra o empreendimento		2	2	2	2	2	3	3		2	2	2	2	4	4	4	
7	Problemas com proprietários do entorno		2	3	3	3	3	4	5		1	2	2	3	4	4	4	
8	Demandas vizinhas com relação a supostos estragos provocados pelos trabalhos de escavação em rocha a céu aberto		2	3	3	3	3	4	5		1	1	2	3	3	3	4	

9	Paralisações da comunidade em função dos trabalhos de escavação em rocha a céu aberto		2	2	2	3	3	3	4		1	1	1	2	3	3	4	
10	Acesso não autorizado de pessoas na região das estruturas, provocando depredações ou acidentes		3	3	3	3	4	4	5		1	1	1	1	3	4	4	
11	Acesso de animais nas áreas internas da obra, causando paradas e/ou acidentes, além de pedidos de indenização		1	2	3	3	3	5	5		1	1	1	2	3	3	3	
12	Canteiro de obras e localização da usina muito próximo a um centro urbano		2	3	3	4	5	5	5		1	1	1	2	3	3	4	
13	Prefeitura local e sindicatos exigirem contratações e benefícios aos trabalhadores da obra não previstos em contrato		2	2	3	3	3	3	4		1	1	2	2	3	3	3	

14	Localidade não possuir mínimo de infraestrutura para contratação local, deslocamentos, habitação e comércio de pequenas necessidades		1	1	1	1	2	3	3		1	1	1	1	2	3	3	
15	Dificuldade na obtenção de permissões, autorizações e licenças		2	2	2	3	3	3	4		1	2	2	2	2	3	5	

		Sua resposta	Demais respostas							Sua resposta	Demais respostas							Justificativa
RISCOS DE PRODUÇÃO E OPERACIONAIS		Probab.	Probab.							Impacto	Impacto							*Justificar todos os itens em vermelho
1	Atraso no reabastecimento do tanque de diesel da obra, provocando parada de máquinas		1	2	2	3	3	3	3		1	1	3	4	4	4	5	
2	Dificuldade para encontrar mão de obra local produtiva, onerando o contrato		1	1	2	2	3	3	3		1	1	1	2	3	4	5	
3	Alta taxa de turnover		1	3	3	3	3	3	4		1	1	1	1	3	3	4	

4	Equipamentos exigindo excessiva manutenção corretiva, causando improdutividade		3	3	3	3	3	3	4		1	2	2	2	4	4	5	
5	Equipamentos subdimensionados e equipamentos superdimensionados aumentando custos da obra		1	2	3	3	3	3	4		1	2	2	4	4	5	5	
6	Equipe subdimensionada ou superdimensionada, ou com pouca capacidade técnica para execução dos serviços, aumentando o tempo previsto de execução		1	2	3	3	3	4	4		1	2	2	4	4	5	5	
7	Falta de treinamento e capacitação técnica, reduzindo a qualidade e eficiência na prestação de serviços (principalmente motoristas e operadores)		2	2	2	2	3	3	4		1	1	2	3	3	4	5	

8	Atraso na ligação de energia trifásica na obra, causando custos no fornecimento de energia elétrica (com geradores e diesel)		1	2	3	4	4	4	4		1	2	2	3	4	4	5	
9	Atraso na montagem e operação da central de britagem, provocando a falta de agregados para o concreto		2	3	3	3	3	3	3		1	2	2	3	5	5	5	
10	Atraso na montagem da central de concreto		2	2	2	3	3	3	3		1	1	2	2	5	5	5	
11	Necessidade de incrementar a equipe indireta, devido a demandas excessivas do cliente		3	3	3	3	3	3	5		1	1	2	2	3	3	5	
12	Falhas de terceiros contratados para executar serviços que fazem parte do negócio principal do Construtor		2	3	3	3	3	4	4		1	2	2	2	4	4	5	
13	Atraso na liberação de licença de explosivo, postergando o início da escavação em rocha		2	3	3	3	3	3	3		2	2	2	3	4	4	5	

14	Problemas no tratamento de juntas de concretagem, provocando excesso de infiltrações na parte interna das estruturas, exigindo injeção de poliuretano em quantidades excessivas		2	3	3	3	3	3	4		1	1	2	3	3	4	4	
15	Problemas na correta implantação das melhorias do acesso, no período ideal, causando interferências no trânsito local e problemas no fornecimento de materiais e acesso da mão de obra		1	2	2	2	3	3	4		1	1	2	3	3	4	4	
16	Construtor não ter recursos próprios para suprir deficiências de terceiros		1	2	2	2	2	3	3		1	2	3	3	3	3	4	
17	Atraso no início de concretagem das ogivas do vertedouro		2	2	2	3	3	3	3		1	1	2	3	4	4	5	
18	Execução de cortes com taludes provisórios íngremes de escavação das estrutura		1	2	2	2	2	3	3		1	1	2	2	2	3	4	

27	Problemas de fluxo de caixa		2	3	3	3	3	4	4
28	Reajuste excessivo no preço de insumos		2	2	2	2	3	3	5
29	% de equipamentos próprios inferior ao planejado		1	2	2	2	3	3	3

	1	2	2	3	4	4	5
	2	2	2	2	2	2	5
	1	1	2	2	3	4	4

		Sua resposta	Demais respostas						
RISCOS DE SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE		Probab.	Probab.						
1	Excessiva quantidade de paralisações por supostas condições inseguras		1	2	2	3	3	4	4
2	Excessiva quantidade de auditorias, causando perda de produtividade		2	2	3	3	3	3	4
3	Excessiva quantidade de treinamentos e diálogos de segurança, causando perda de produtividades		1	2	2	3	3	3	4

Sua resposta	Demais respostas						
Impacto	Impacto						
	2	2	2	2	3	3	5
	1	1	2	2	2	2	4
	1	2	2	2	2	2	3

Justificativa
*Justificar todos os itens em vermelho

4	Demora excessiva na avaliação da documentação de segurança, causando atraso na contratação de colaboradores		2	2	3	3	4	5	5		2	2	2	2	3	3	4	
5	Critérios excessivamente rígidos na inspeção de equipamentos, para liberação para uso em obra		2	2	3	3	4	4	5		2	2	2	2	2	3	4	
6	Paralisação de atividades em função do lançamento de resíduos (poeira da central de britagem ou perfuração de rocha para detonação)		1	2	2	3	3	3	3		1	1	2	2	2	2	4	
7	Restrições para o uso de equipamentos de içamento para trabalhos em altura		2	2	2	3	3	4	4		1	2	2	3	3	3	3	
8	Intervenções da Contratante em função da quantidade de incidentes, condições inseguras ou acidentes, causando atrasos e a necessidade de custo para incremento da equipa prevista de QSMS		2	2	2	2	3	3	3		1	2	2	2	3	4	5	

9	Custos para cumprimentos de requisitos de segurança e meio ambiente mal dimensionados		2	2	2	3	3	4			1	1	1	2	3	4		
10	Nível de experiência inicialmente aceita pela contratante da equipe de QSMS da contratada ser insuficiente para execução dos requisitos da contratante		1	1	1	1	2	3	4		1	1	1	2	2	3	4	
11	PRAD se provar inadequado após sua execução, ficando passivo ambiental como pendência para obtenção da LO		1	1	2	2	3	3	4		1	2	2	3	4	4	4	
12	Ocorrência de acidentes com pessoas alheias ao empreendimento, devido à proximidade da obra com comunidades vizinhas		1	2	2	2	3	3	3		1	4	4	4	4	4	4	
13	Desconhecimento das legislações locais e posse das autorizações pertinentes para desenvolvimento dos trabalhos adequados e conforme a lei		1	1	1	2	2	3	3		1	2	2	2	3	3	4	

14	Ocorrência de danos ambientais com pagamento de multa		1	1	2	2	2	2	3		2	2	3	3	3	3	5	
----	---	--	---	---	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	---	---	--

		Sua resposta	Demais respostas							Sua resposta	Demais respostas							Justificativa
RISCOS DE ENGENHARIA		Probab.	Probab.							Impacto	Impacto							*Justificar todos os itens em vermelho
1	Projeto mal estudado, com poucos detalhes ou informações imprecisas		2	2	2	3	3	3	4		2	2	3	3	3	4	5	
2	Atraso na entrega, revisão e aprovação dos projetos para organização da obra, permitindo trabalho com revisões obsoletas		1	2	2	3	4	4	4		1	2	2	2	4	4	5	
3	Projeto executivo com muitos erros de interface entre civil, elétrica e mecânica (compatibilização)		1	2	3	3	3	4	5		2	2	2	3	4	4	4	
4	Modificações intempestivas nos projetos executivos		1	2	2	3	3	3	4		2	2	2	3	3	4	5	

5	Descontrole das alterações de projetos realizadas em obra para compor as built e passar a demais projetistas para compatibilizações entre demais projetos		2	2	2	3	3	3	5		1	2	2	2	3	4	4	
6	Falta de comunicação entre projetistas e engenheiros de produção para ajustar e conhecer as interferências e dificuldades executivas		1	2	2	3	3	4	4		1	2	2	3	3	4	4	
7	Impossibilidade de utilização da ilha de jusante para redução de volumes da ensecadeira, onerando sua execução		1	1	2	2	3	3	5		1	2	2	3	3	3	5	
8	Problemas relacionados à escavação do canal de fuga (projeto omissso neste ponto)		2	2	2	3	3	4	4		2	2	2	3	3	4	4	
9	Problemas associados ao septo do canal de fuga (projeto também omissso neste ponto)		2	2	3	3	3	4	5		2	2	2	3	4	4	4	

10	Problemas na interface entre o abraço da barragem e as estruturas de concreto devido a problemas na compactação da argila		2	2	2	3	3	3	3		2	2	2	3	4	5	5	
11	Curva chave pode estar mal calculada ou calibrada para o braço esquerdo do rio, no trecho da ilha de jusante, podendo levar ao dimensionamento equivocado de uma ensecadeira de proteção das estruturas de jusante		2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	3	4	4	5	
12	Má avaliação das condições de cheias extremas, causando o sub dimensionamento da ensecadeira de primeira fase		1	1	2	2	2	2	2		2	2	2	3	3	4	5	

13	Má avaliação das vazões, causando distorções nos critérios usados para a condição de desvio do Rio, na segunda fase, para implantação da Barragem, podendo causa o galgamento da estrutura de enrocamento		1	1	2	2	2	2	2		2	2	3	3	4	5	5	
14	Alto potencial variação de quantidades nas obras civis no projeto executivo		1	2	2	2	3	3	4		1	2	2	2	4	4	5	
15	Dimensionamento incorreto das quantidades de projeto (listas de materiais) gerando desvios de orçamento		1	2	2	3	3	3	3		1	2	2	3	4	4	4	

APÊNDICE G – Tratamento estatístico

RISCOS GEOLÓGICOS / GEOTÉCNICOS		Respostas					Respostas					
		Probabilidade					Impacto					Coef.
1	Sondagens não representativas e/ou insuficientes para caracterização do empreendimento	2	3	3	3	5	2	2	3	4	4	9,60
2	Fundação da casa de força e do vertedouro sem as características mínimas para implantação	2	2	2	3	3	3	3	3	4	5	8,64
3	Fundação da barragem sem as características mínimas para a sua implantação	1	2	3	3	3	1	3	3	4	5	7,68
4	Septo do canal de fuga com material excessivamente permeável	2	2	2	2	3	1	2	4	4	4	6,60
5	Fundação da bacia do vertedouro com material excessivamente frágil	1	2	3	3	3	2	3	4	5	5	9,12
6	Excesso de overbreak, devido à qualidade da rocha	2	2	3	3	4	2	2	4	4	4	8,96
7	Necessidade de execução de um número excessivo de furos de pré fissuração, para garantir a qualidade da escavação	2	2	3	3	5	1	1	3	3	3	6,60
8	Topo rochoso diferente do projetado, causando necessidade de retaludamento nos taludes em solo das estruturas definitivas, ou, escavação excessiva	2	3	3	3	4	2	3	3	3	4	9,00

9	Quantidades de perfurações e injeções superiores às estimadas em projeto e/ou substrato excessivamente permeável, provocando excesso de consumo de cimento durante as injeções obrigatórias das cortinas de injeção, além de atraso na execução destas atividades e das subsequentes	1	3	3	4	4	1	1	3	3	3	6,60
10	Excesso de tratamento nos taludes laterais das estruturas obrigatórias, causando atraso no início dos trabalhos em concreto	2	3	3	3	4	1	2	3	3	4	7,80
11	Perda de água do reservatório devido a condições geológicas inadequadas não identificadas durante a fase de projeto e construção	1	1	2	2	3	1	3	4	4	5	6,12
12	Espessura de camada superficial de solo a ser removida para assentamento da barragem superior ao previsto, acarretando em maiores volumes de remoção e aterro	2	2	3	3	3	2	2	3	4	4	7,80
13	Ocorrência de canalículos na fundação das margens e abertura de trincheiras, gerando impacto nos volumes de escavação/aterro e cronograma	1	2	3	3		1	3	3	4		6,19
14	Variação do topo de rocha em decorrência da alternância de faixas mais resistentes com menos resistentes, decorrente do bandeamento dos gnaisses (variações ao longo de poucos metros), resultando em maiores volumes de escavações e preenchimentos (solo e concreto)	2	3	5			1	2	2			5,56

15	Ocorrência de juntas de alívio nas ombreiras e no leito do rio, afetando a fundação da barragem	2	2	2			2	3	4			6,00
16	Variações laterais significativas nos parâmetros de resistência e permeabilidade, em função do bandeamento das camadas de gnaiss	3	3				2	3				7,50
17	Erosões regressivas a jusante do vertedouro, gerando interferências nas estruturas próximas (base do muro esquerdo e calha de concreto)	2	3	3	4		2	2	3	4		8,25
18	Ocorrência de falhas geológicas	2	2	2	3		1	3	4	5		7,31
19	Instabilidade nos cortes e aterros durante sua execução	1	2	3	3	3	1	2	3	4	4	6,72
20	Erosão das enseadeiras longitudinais	2	3	3	3	3	1	1	3	4	4	7,28
21	Infiltrações excessivas sob a barragem e erosão regressiva (piping) no corpo do maciço de terra (fase de operação)	1	2	2	2		2	3	5	5		6,56
22	Ocorrência de subpressões elevadas	2	2	3	3		1	2	3	3		5,63
23	Erosão do enrocamento de pé	1	1	3	3		1	4	4	5		7,00
24	Escorregamento de taludes no reservatório	1	2	3	3		1	2	3	4		5,63
25	Atividade sísmica induzida pelo enchimento do reservatório	1	1	3	3		3	3	4	4		7,00

		Respostas								Respostas								
RISCOS HIDROLÓGICOS		Probabilidade								Impacto								Coef.
1	Excesso de chuvas durante a etapa de execução das obras de terra da barragem	2	2	3	3	3	3	4	4	2	3	3	4	4	4	4	5	11,00
2	Excesso de chuvas durante a etapa de execução das ensecadeiras da obra	2	2	3	3	3	3	3	4	2	2	2	3	3	4	4	4	9,00
3	Chuvas extraordinárias acima da cota TR projetada durante a execução da ensecadeira de primeira etapa	1	1	1	2	3	3	3	3	2	2	2	4	4	4	4	5	6,68
4	Chuva extraordinária acima da TR dimensionada para desvio com vertedouro rebaixado	1	1	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	4	4	4	5	9,60
5	Chuva extraordinária fora da janela hidrológica	1	1	2	2	2	2	3	3	2	2	3	4	4	4	5	5	8,33
6	Dados hidrológicos desatualizados ou incorretos	1	1	2	2	2	2	2	3	1	2	3	3	3	4	5	5	6,00
7	Ocorrência de picos de vazões superiores aos considerados no dimensionamento do sistema de desvio do rio e demais dispositivos de proteção	1	1	2	2	2	2	3	3	1	2	4	4	4	5	5	5	8,29
8	Insuficiência de vazões afluentes durante a fase de enchimento do reservatório	1	1	2	3	3	3	3	3	1	1	2	2	3	4	4	4	8,97

RISCOS DE MATERIAIS		Respostas							Respostas							
		Probabilidade							Impacto							Coef.
1	Escassez de materiais que atendam às especificações para a produção de materiais de concreto (agregados) e /ou balanço de materiais deficitário, onerando demasiadamente a solução para o fornecimento de rocha e areia para a execução do concreto	1	3	3	3	4	4	5	1	2	3	4	4	4	5	13,44
2	Escassez de materiais naturais tanto por indisponibilidade de volume quanto por indisponibilidade técnica (atendimento às especificações) para execução dos aterros compactados	1	2	2	2	3	3	5	1	2	3	3	4	4	5	7,58
3	Agregado excessivamente reativo, exigindo o uso de adições (metacaulim, microsilica, etc)	1	1	2	2	2	2	3	1	2	3	3	4	4	5	5,83
4	Agregado sem resistência a abrasão, inviabilizando o seu uso no concreto	1	1	1	2	2	2	2	1	3	3	3	4	5	5	6,02
5	Rocha excessivamente alterável (falha no ensaio de ciclagem), inviabilizando o seu uso como enrocamento	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	7,29
6	Excesso de demanda de cimento na região, provocando atrasos na entrega de material	1	1	1	1	1	3	3	2	2	3	4	4	4	5	3,43
7	Areia disponível com faixa granulométrica fora da especificada para os filtros da barragem	2	2	2	3	3	3	3	2	3	3	4	4	4	5	9,26

8	Falta de disponibilidade de transportadoras de cimento	1	1	1	1	2	2	3	1	2	2	4	4	4	4	4,44
9	Falta de disponibilidade no fornecimento de cimento pela fábrica (demanda concorrente durante a concretagem da obra)	1	1	1	2	2	2	3	2	2	2	3	4	5	5	4,93
10	Atraso no envio do aço para as estruturas	1	1	2	2	3	3	3	1	2	3	4	4	5	5	8,21
11	Incapacidade de encontrar jazida de areia licenciada na DMT máxima do orçamento	2	2	2	2	3	3	5	2	3	4	4	4	4	5	9,33

RISCOS DE INTERFACE		Respostas								Respostas								Coef.
		Probabilidade								Impacto								
1	Incompatibilidade de projeto civil com eletromecânico	2	2	3	3	3	3	4	5	2	2	3	3	4	4	4	4	10,48
2	Atraso na execução das obras civis causando atrasos ou paralisações na montagem eletromecânica: guias de comportas das estruturas, liberação do piso das máquinas, etc	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	4	4	4	5	5	12,00
3	Problemas de atrasos de outros fornecedores da Contratante	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	4	4	9,00
4	Interface de responsabilidades e obrigações entre as demais contratadas, com demora na definição das mesmas	3	3	3	3	3	3	3	5	2	2	3	3	3	4	4	4	10,50

5	Paralelismo de atividades, causando ociosidade nas obras civis, por questões relacionadas ao uso seguro das áreas	3	3	3	3	3	3	4	5	1	2	2	2	3	3	3	3	8,08
6	Limitações no uso do dispositivo de içamento, por demanda concorrente com a montagem (ponte rolante)	2	3	3	3	3	4	4	4	1	2	2	2	2	3	3	4	8,00
7	Atrasos na execução das estruturas em função de alterações de projetos provocadas por condições executivas	1	2	2	3	3	3	3	4	2	2	2	3	3	4	4	4	8,00
8	Atividades inicialmente predecessoras uma das outras, que não são caminho crítico, tornarem restrição para o andamento do cronograma, se tornando caminho crítico, pelo atraso de outras (ex: montagem das estruturas metálicas e cobertura da casa de força versus término das galerias elétrica/mecânica)	2	3	3	3	3	3	4	4	1	2	2	3	3	4	4	4	9,43

RISCOS DE CONTRATO		Respostas								Respostas								
		Probabilidade								Impacto								Coef.
1	Eventos de força maior ou caso fortuito recorrentes, que causem prejuízo excessivo à Contratada	1	1	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	4	4	4	5	8,75

2	% relativo ao limite de responsabilidade do contrato	2	2	2	2	2	3	4		1	2	3	3	3	4	4		6,86
3	Escopo mal detalhado que pode causar dúvidas durante a execução	2	2	2	2	2	3	3	3	1	2	3	3	3	3	4	4	7,46
4	Falha ao identificar a integralidade do escopo, causando sobrepostos para a sua execução em período extemporâneo	2	2	2	3	3	3	3		1	2	2	3	3	3	3		6,86
5	Incremento do custo de insumos ou materiais importantes, sem que haja previsão contratual para seu reajuste	2	2	2	2	3	3	4		2	2	2	3	3	3	3		6,00
6	Interpretação dúbia de critérios e requisitos contratuais	2	3	3	3	4	4	5		2	2	3	3	3	5	5		11,17
7	Escopo de projeto executivo não compatível com o cronograma contratual	1	2	3	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	5	5	5	10,93
8	Pouco ou nenhum detalhamento quanto à divisão e limitação da responsabilidade dos custos provenientes dos riscos geotécnicos	1	2	3	3	3	3	3		2	3	3	3	3	3	5		8,03
9	Mudança de legislação após a assinatura do contrato	1	2	2	3	3	3	5		1	1	2	2	2	3	5		4,28

RISCOS SOCIOAMBIENTAIS E SOCIOPOLÍTICOS		Respostas							Respostas							
		Probabilidade							Impacto							Coef.
1	Bloqueio dos acessos de obra em função de movimentos comunitários	2	2	3	4	4	4	4	2	2	2	3	3	3	5	8,21
2	Problemas sociais decorrentes dos critérios para contratação de mão de obra local	2	2	2	3	3	3	4	2	2	2	3	3	3	4	6,25
3	Excesso de exposição da obra na mídia, facilitando a organização de movimentos contrários à execução da obra, causando inúmeros eventos de paralisação das atividades	2	3	3	3	4	4	4	1	2	2	3	3	3	4	9,10
4	Problemas com comunidades vizinhas que poderão paralisar as obras	3	3	3	3	3	4	4	2	2	3	3	3	4	4	9,00
5	Sindicatos locais apresentando condições excessivamente onerosas à Contratada	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	4	4	6,94
6	Sindicato alinhado com movimentos socioambientais, facilitando movimentos de paralisação e protestos contra o empreendimento	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	4	4	4	5,71
7	Problemas com proprietários do entorno	2	3	3	3	3	4	5	1	2	2	3	4	4	4	9,50
8	Demandas vizinhas com relação a supostos estragos provocados pelos trabalhos de escavação em rocha a céu aberto	2	3	3	3	3	4	5	1	1	2	3	3	3	4	7,29

9	Paralisações da comunidade em função dos trabalhos de escavação em rocha a céu aberto	2	2	2	3	3	3	4	1	1	1	2	3	3	4	4,58
10	Acesso não autorizado de pessoas na região das estruturas, provocando depredações ou acidentes	3	3	3	3	4	4	5	1	1	1	1	3	4	4	7,14
11	Acesso de animais nas áreas internas da obra, causando paradas e/ou acidentes, além de pedidos de indenização	1	2	3	3	3	5	5	1	1	1	2	3	3	3	7,00
12	Canteiro de obras e localização da usina muito próximo a um centro urbano	2	3	3	4	5	5	5	1	1	1	2	2	3	3	7,74
13	Prefeitura local e sindicatos exigirem contratações e benefícios aos trabalhadores da obra não previstos em contrato	2	2	3	3	3	3	4	1	1	2	2	3	3	3	5,71
14	Localidade não possuir mínimo de infraestrutura para contratação local, deslocamentos, habitação e comércio de pequenas necessidades	1	1	1	1	2	3	3	1	1	1	1	2	3	3	2,94
15	Dificuldade na obtenção de permissões, autorizações e licenças	2	2	2	3	3	3	4	1	2	2	2	2	3	5	5,00

RISCOS DE PRODUÇÃO E OPERACIONAIS		Demais respostas							Demais respostas							
		Probabilidade							Impacto							Coef.
1	Atraso no reabastecimento do tanque de diesel da obra, provocando parada de máquinas	1	2	2	3	3	3	3	1	1	3	4	4	4	4	10,13
2	Dificuldade para encontrar mão de obra local produtiva, onerando o contrato	1	1	2	2	3	3	3	1	1	1	2	3	4	5	4,29
3	Alta taxa de turnover	1	3	3	3	3	3	4	1	1	1	1	3	3	4	5,28
4	Equipamentos exigindo excessiva manutenção corretiva, causando improdutividade	3	3	3	3	3	3	4	1	2	2	4	4	4	5	10,50
5	Equipamentos subdimensionados e equipamentos superdimensionados aumentando custos da obra	1	2	3	3	3	3	4	1	2	2	4	4	5	5	11,00
6	Equipe subdimensionada ou superdimensionada, ou com pouca capacidade técnica para execução dos serviços, aumentando o tempo previsto de execução	1	2	3	3	3	3	4	1	2	2	4	4	5	5	11,00
7	Falta de treinamento e capacitação técnica, reduzindo a qualidade e eficiência na prestação de serviços (principalmente motoristas e operadores)	2	2	2	2	3	3	4	1	1	2	3	3	4	5	5,44
8	Atraso na ligação de energia trifásica na obra, causando custos no fornecimento de energia elétrica (com geradores e diesel)	1	2	3	4	4	4	4	1	2	2	2	3	4	5	8,17

9	Atraso na montagem e operação da central de britagem, provocando a falta de agregados para o concreto	2	3	3	3	3	3	3	1	2	2	3	5	5	5	9,86
10	Atraso na montagem da central de concreto	2	2	2	3	3	3	3	1	1	2	2	5	5	5	7,71
11	Necessidade de incrementar a equipe indireta, devido a demandas excessivas do cliente	3	3	3	3	3	3	5	1	1	2	2	3	3	5	6,00
12	Falhas de terceiros contratados para executar serviços que fazem parte do negócio principal do Construtor	2	3	3	3	3	3	4	1	2	2	2	3	4	5	7,00
13	Atraso na liberação de licença de explosivo, postergando o início da escavação em rocha	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	4	4	4	5	10,29
14	Problemas no tratamento de juntas de concretagem, provocando excesso de infiltrações na parte interna das estruturas, exigindo injeção de poliuretano em quantidades excessivas	2	3	3	3	3	3	4	1	1	2	3	3	4	4	7,71
15	Problemas na correta implantação das melhorias do acesso, no período ideal, causando interferências no trânsito local e problemas no fornecimento de materiais e acesso da mão de obra	1	2	2	2	3	3	4	1	1	2	3	3	4	4	6,17
16	Construtor não ter recursos próprios para suprir deficiências de terceiros	1	2	2	2	2	3	3	1	2	3	3	3	3	4	7,00
17	Atraso no início de concretagem das ogivas do vertedouro	2	2	2	3	3	3	3	1	1	2	3	4	4	5	7,35

18	Execução de cortes com taludes provisórios íngremes de escavação das estrutura	1	2	2	2	2	3	3	1	1	2	2	2	3	4	4,28
19	Maciço da BENA com compactação mal feita ou mal controlada	1	1	2	2	3	3	3	1	1	2	3	3	5	5	6,12
20	Dificuldades de fechamento do rio na fase de desvio (velocidades muito elevadas)	1	2	3	3	3	3	4	1	2	3	3	3	4	5	9,00
21	Falha sistêmica no sistema de produção	1	2	3	3	4	4	4	1	2	2	4	4	4	5	11,67
22	Gerenciamento inadequados das equipes e dos equipamentos para que tenham maior produtividade no campo	1	2	3	3	3	3	4	1	1	2	4	4	4	5	9,00
23	Mal uso dos recursos e materiais e/ou almoxarifado sem controle adequado, aumentando desperdício	2	2	3	3	3	4	4	1	1	2	2	3	4	5	6,50
24	Atraso nas compras e fornecimentos	2	3	3	4	4	4	5	1	2	2	4	4	5	5	13,20
25	Horas extras e irregularidades de jornada de trabalho não previstas	3	3	3	3	3	3	3	1	2	2	4	4	4	5	10,50
26	Atraso na entrega de materiais e equipamentos por parte do fornecedor	2	3	3	3	3	3	4	1	2	2	4	4	4	5	10,50
27	Problemas de fluxo de caixa	2	3	3	3	3	4	4	1	2	2	3	4	4	5	10,00
28	Reajuste excessivo no preço de insumos	2	2	2	2	3	3	5	2	2	2	2	2	2	5	4,67
29	% de equipamentos próprios inferior ao planejado	1	2	2	2	3	3	3	1	1	2	2	3	4	4	6,07

RISCOS DE SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE		Respostas							Respostas							
		Probabilidade							Impacto							Coef.
1	Excessiva quantidade de paralisações por supostas condições inseguras	1	2	2	3	3	4	4	2	2	2	2	3	3	5	7,00
2	Excessiva quantidade de auditorias, causando perda de produtividade	2	2	3	3	3	3	4	1	1	2	2	2	2	4	4,44
3	Excessiva quantidade de treinamentos e diálogos de segurança, causando perda de produtividades	1	2	2	3	3	3	4	1	2	2	2	2	2	3	5,20
4	Demora excessiva na avaliação da documentação de segurança, causando atraso na contratação de colaboradores	2	2	3	3	4	5	5	2	2	3	3	4	4	4	10,78
5	Critérios excessivamente rígidos na inspeção de equipamentos, para liberação para uso em obra	2	2	3	3	4	4	5	2	2	2	2	2	3	4	6,50
6	Paralisação de atividades em função do lançamento de resíduos (poeira da central de britagem ou perfuração de rocha para detonação)	1	2	2	3	3	3	3	1	1	2	2	2	2	4	4,44
7	Restrições para o uso de equipamentos de içamento para trabalhos em altura	2	2	2	3	3	4	4	1	2	2	3	3	3	3	7,62

8	Intervenções da Contratante em função da quantidade de incidentes, condições inseguras ou acidentes, causando atrasos e a necessidade de custo para incremento da equipa prevista de QSMS	2	2	2	2	3	3	3	1	2	2	2	3	4	5	5,67
9	Custos para cumprimentos de requisitos de segurança e meio ambiente mal dimensionados	2	2	2	3	3	4		1	1	1	2	3	4		5,33
10	Nível de experiência inicialmente aceita pela contratante da equipe de QSMS da contratada ser insuficiente para execução dos requisitos da contratante	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	2	2	3	4	2,50
11	PRAD se provar inadequado após sua execução, ficando passivo ambiental como pendência para obtenção da LO	1	1	2	2	3	3	4	1	2	2	3	4	4	4	6,33
12	Ocorrência de acidentes com pessoas alheias ao empreendimento, devido à proximidade da obra com comunidades vizinhas	1	2	2	2	3	3	3	1	4	4	4	4	4	4	10,00
13	Desconhecimento das legislações locais e posse das autorizações pertinentes para desenvolvimento dos trabalhos adequados e conforme a lei	1	1	1	2	2	3	3	1	2	2	2	3	3	4	4,46
14	Ocorrência de danos ambientais com pagamento de multa	1	1	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	5	4,44

RISCOS DE ENGENHARIA		Respostas							Respostas							
		Probabilidade							Impacto							Coef.
1	Projeto mal estudado, com poucos detalhes ou informações imprecisas	2	2	2	3	3	3	4	2	2	3	3	3	4	5	7,08
2	Atraso na entrega, revisão e aprovação dos projetos para organização da obra, permitindo trabalho com revisões obsoletas	1	2	2	3	4	4	4	1	2	2	2	4	4	5	7,92
3	Projeto executivo com muitos erros de interface entre civil, elétrica e mecânica (compatibilização)	1	2	2	3	3	3	4	2	2	2	3	4	4	4	7,80
4	Modificações intempestivas nos projetos executivos	1	2	2	3	3	3	4	2	2	2	3	3	4	5	6,93
5	Descontrole das alterações de projetos realizadas em obra para compor as built e passar a demais projetistas para compatibilizações entre demais projetos	2	2	2	2	3	3	5	1	2	2	2	3	3	4	5,60
6	Falta de comunicação entre projetistas e engenheiros de produção para ajustar e conhecer as interferências e dificuldades executivas	1	2	2	3	3	4	4	1	2	2	3	3	4	4	9,00
7	Impossibilidade de utilização da ilha de jusante para redução de volumes da ensecadeira, onerando sua execução	1	1	2	2	3	3	5	1	2	2	3	3	3	5	4,67

8	Problemas relacionados à escavação do canal de fuga (projeto omissos neste ponto)	2	2	2	3	3	4	4	2	3	3	3	4	4	4	10,00
9	Problemas associados ao septo do canal de fuga (projeto também omissos neste ponto)	2	2	2	3	3	4	5	2	2	2	3	4	4	4	8,00
10	Problemas na interface entre o abraço da barragem e as estruturas de concreto devido a problemas na compactação da argila	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	3	4	5	5	8,45
11	Curva chave pode estar mal calculada ou calibrada para o braço esquerdo do rio, no trecho da ilha de jusante, podendo levar ao dimensionamento equivocado de uma ensecadeira de proteção das estruturas de jusante	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	5	5,67
12	Má avaliação das condições de cheias extremas, causando o sub dimensionamento da ensecadeira de primeira fase	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	5	5,33
13	Má avaliação das vazões, causando distorções nos critérios usados para a condição de desvio do Rio, na segunda fase, para implantação da Barragem, podendo causar o galgamento da estrutura de enrocamento	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	5	5	6,86
14	Alto potencial variação de quantidades nas obras civis no projeto executivo	1	2	2	2	3	3	4	1	2	2	2	2	4	5	5,20
15	Dimensionamento incorreto das quantidades de projeto (listas de materiais) gerando desvios de orçamento	1	2	2	3	3	3	3	1	2	2	3	4	4	4	8,44

